/http://alexir.org
https://t.me/ixirbook

طبعة ملونة

صحة البيئة وسلامتها

الدكتور عصام حمدي الصفدي
الدكتور نعيم الظاهر

مكتبة الإكسير الإلكترونية
Al-Exir Electronic Library

اليازوري

المحتويات

الفصل الأول	1
عنــــاصر البيــــئة	1
الفصل الأول	4
عناصر البيئة :	4
دور الإنسان في الإخلال بالتوازن البيئي:	9
أولاً: الزراعة	9
ثانياً: الطاقة:	11
ثالثاً: التصنيع :	11
أهداف رقابة الأرض:	13
الفصل الثاني	15
الهـــــــــواء	15
الفصل الثاني	18
الهواء	18
1- الملوثات الناتجة من عوادم السيارات:	21
2- الملوثات الناتجة من المصانع المتحركة:	22
3- الملوثات الناتجة من الطائرات:	24
5- الملوثات الناتجة من مصانع الإسمنت:	25
6- الملوثات الناتجة من عمليات الحريق:	25
7- الملوثات الناتجة من مصانع تكرير البترول:	26

تأثير تلوث الهواء:	35
أولاً: تأثير تلوث الهواء على الإنسان:	35
الآثار الحادة للملوثات:	45
الآثار المزمنة والمتأخرة:	47
ثانياً: تأثير تلوث الهواء على المواد غير الحية:	48
تأثير ثقب الأوزون على النموات الخضرية:	49
السيطرة على الملوثات الهوائية:	57
إن التطور الحديث في تكنولوجيا الهندسة والوراثية يفتح مجالات واسعة لاستفادة أكثر من هذه الموارد.	69
الآثار السلبية للأمطار الحمضية على البيئة :	70

الفصل الأول

عنـــــاصر البيـــــئة

الفصل الأول

عناصر البيئة :

البيئة هي الوسط الذي نعيش فيه ومن هنا فإن عناصر البيئة تشمل الأرض (التربة) والماء والهواء والإنسان وعليه يجب أن نفكر في الأرض باعتبارها مقسمة إلى ثلاثة مستويات للوجود[1]:

1- الكوكب الطبيعي وغلافه الجوي وغلافه المائي والقشرة الأرضية، وكل منها يخضع لقوانين الطبيعة والكيمياء.

2- الغلاف الحيوي، أي كل الأنواع الحية بما فيها الإنسان وهي تخضع لقوانين الفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء وعلوم البيئة.

3- الغلاف التقني أو الاجتماعي، أي العالم الذي صنعه الإنسان من مبان وآلات وحكومات واقتصاديات وفنون وديانات وثقافات مما يخضع لقوانين فيزيائية وكيميائية وحيوية وبيئية، بالإضافة إلى ما يستجد من قوانين يبتكرها الإنسان.

وحيث أن جميع النظم البيئية تخضع لنفس القوانين الطبيعية التي تحكمها، فإنها تتصرف على نفس المنوال تقريباً في كل مكان، وإن كان من الممكن أن يؤدي تعقدها إلى تباين كبير على المستوى المحلي.

إن مستويات الوجود المختلفة الطبيعية والحيوية والإنسانية تعمل وفق مقاييس زمنية متباينة مما يمكن أن يجعل الإدارة أمراً صعباً.

وقد يستغرق تحويل الأراضي الرملية إلى أراض خصبة طينية آلاف السنين، وقد يستغرق إزالة هذه الطبقة خلال السيول عدة ساعات ويمكن

أن يؤدي سوء إدارة نفس الأرض إلى نفس النتيجة في خلال عدة سنوات.

هذا وتتميز مستويات الوجود بصفات عميقة وغامضة (الحياة والوعي والإحساس بالذات) والإنسان هو المخلوق الوحيد الذي يمتلك كل هذه الصفات ويدركها ويقدرها، مما يضفي عليه مسؤولية خاصة في رعاية جميع مستويات الوجود.

إن من أهم الأخطاء التي حدثت في العقود الماضية أن الإنسان قد اعتبر نفسه فوق البيئة وليس جزءاً منها، ولذلك حدثت كل هذه المخاطر الناجمة عن أنشطته والتي أدت إلى غروره فأصبح يملك ملايين القنابل الذرية الكافية لإفناء العالم كله عدة مرات، وبدأ يغزو الأقمار وبدأ حرب الكواكب وازدادت شراسته فأفنى ثلثي غابات العالم، واستنزف كميات هائلة من الثروات الطبيعية.

ولقد قسم العلماء مستويات الوجود إلى ثلاثة مستويات، وهي:

المستوى الأدنى: لا تمتلك الصخور والماء والهواء في حدود ما نعلم إلا صفة بسيطة هي صفة الوجود، فهي أشياء سلبية تتحرك وتتغير بفعل القوانين الطبيعية.

وعلى المستوى التالي: يمتلك النبات صفة الوجود ولكنه يمتلك أيضاً صفة غامضة اسمها الحياة، ويتأقلم إلى حد ما مع الظروف المتغيرة ويتفاعل في بيئته من أجل الاستمرار، ويتكاثر ويغير بيئته أثناء هذه العملية.

والمستوى الأعلى: هو الحيوان حيث بجانب امتلاكه الوجود والحياة فهو يمتلك صفة أخرى أكثر سحراً تسمى الشعور فبوسع الحيوان أن يدرك ويتعلم ويسعى وراء مأرب ويشعر بالخوف والمعاناة والراحة وخيبية الأمل والسرور، والإنسان يفهم الكثير عن علم الأحياء ولكنه لا يملك تفسيراً

لظاهرتي الحياة والشعور.

والإنسان يمتلك الوجود والحياة والشعور، وفوق هذا يمتلك شيئاً هاماً جداً نطلق عليه الأنا أو التفكير أو الذكاء أو الشعور بأننا نشعر أو الوعي بالذات.

وللإنسان القدرة على التعرف كل مستويات الوجود ويمكن للإنسان أن يدمر هذه الصفات، ويمكنه أن يقتل وليس في قدرته الخلق أو الإحياء.

ولكل مستوى من مستويات الوجود سلطان على المستوى الأدنى منه وهو القدرة على تنظيمها واستخدامها لأغراضه الخاصة والجنس البشري له قمة المراتب فوق سائر المستويات، ولذلك فنعتبره المسؤول الأول عن كل ما يحدث للمستويات الأدنى وهو المسؤول عن كل ما يحدث في هذا الكون.

منح الله البيئة القدرة على تنظيم نفسها، ومعالجة ما يطرأ عليها من اضطرابات، واستمر الحفاظ على معدلات الحرارة، والعناصر الكيميائية المكونة لجانبها المادي في ثبات وتوازن، إلى أن بدأ الإنسان إنجازاته التقنية المتوالية، فعمل على تغيير الأوضاع والتأثير على العلاقات التي تنظم الحياة بين الكائنات، مما أحدث الاضطراب[2].

والإنسان منذ خلقه الله وهو يلقي بفضلاته إلى البيئة التي يعيش فيها، فعندما حرق الأخشاب والفحم أطلق في الهواء الغازات والجسيمات الضارة، وكانت البيئة في البداية قادرة على امتصاصها ومعادلتها، كما كانت قادرة على احتواء كل ما يصيبها من جراء العوامل الطبيعية كنواتج البراكين والكوارث الطبيعية المختلفة، وكان الاتزان البيئي قائماً مستمراً في قوته وثباته، ومع تمادي اعتداءات الإنسان على البيئة، وسوء استغلاله لمواردها الطبيعية وتوسعه في استخدام التكنولوجيا المتطورة

دون أن يراعي الضوابط والاحتياطات في بناء المنشآت الصناعية، واجهت البشرية أتعس أمراض المدنية والتحضر، حيث أصبحت البيئة عاجزة عن حفاظ اتزانها فكمية الملوثات التي تنتجها فاقت قدرتها على الاحتواء، ومن هنا أصبحت البيئة تعاني أخطر التهديدات من جراء كل من:

- الإخلال بالتوازن البيئي.
- التلوث البيئي.

وهو ما يستعدي الكلام على كل منهما بشيء من التفصيل:

أولاً: الإخلال بالتوازن البيئي

يرى العلماء أن هناك مكونات رئيسية لبيئة الأرض، حيث يسيطر عليه عبر العقود والقرون تأثير كل من:

1- المناخ.
2- دورات العناصر الكيمائية الرئيسية.
3- الدورة المائية (الهيدروجينية) العالمية.
4- الحياة.

فالمكون الأول، حيث يتضمن المناخ، العمليات الجوية والمحيطة التي تحكم التوزيع العالمي للرياح وسقوط الأمطار ودرجة الحرارة ويتضمن العمليات الرئيسية للتحول البشري وإدارة كوكب الأرض تغيرات تركيزات (غازات الجنة) Greenhouse Gases وأثرها على درجة الحرارة، وكذلك أثر الجريان المحيطي على توقيت وتوزع التغيرات المناخية، وأيضاً دور النباتات في تنظيم جريان الماء بين الأرض والجو.

والمكون الثاني الهام لبيئة الأرض هو التدوير والمعالجات العالمية للعناصر الكيميائية الرئيسية، مثل الكربون والأكسجين والنتروجين

والفوسفور والكبريت، فهذه العناصر هي المكونات الرئيسية للحياة، كما تؤثر كذلك مركبات كيميائية من هذه العناصر، مثل ثنائي أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروجين، تأثيراً في المناخ، وحتى بغياب التأثيرات البشرية فإن مناخ وكيمياء الأرض خضعا لتغيرات فجائية وثيقة الترابط، فالنشاطات البشرية، إضافة إلى مثل هذه التغيرات الطبيعية، أديا إلى اضطرابات في الجريانات الكيمائية العالمية، ظهرت على شكل (دخان) Smok وترسب حمضي ونفاذ الأوزون في طبقات الجو العليا وغيرها من المشاكل.

والمكون الثالث هو الدورة المائية، وهي دورة تتضمن عمليات التبخر وهطول الأمطار والجريان والدوران، فالماء عامل أساسي في تغير سطح الأرض، وهو المنظم العام لكيمياء الأرض ومناخها، وإن ما يجب الانتباه اليه في مجال التأثيرات البشرية على الدورة المائية هو تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية والمحيطات وتغير توزع الجريانات المائية على سطح الأرض وكذلك احتمال حدوث تغيرات في مستوى سطح البحر نتيجة زيادة حرارة الكرة الأرضية.

وقد وجدت الحياة وهي آخر مكونات الشكل أن بيئة الأرض مفعمة بالاحتمالات، الأمر الذي أدى إلى تنوع بيولوجي هائل ولكنه سريع التناقص، وخاصة وأن ما يجري من تدمير للموطن البيئي للنبات والحيوان، ولا سيما في المناطق الاستوائية، إنما يقود الآلاف من أنواع الكائنات الحية إلى الانقراض كل عام، وستكون العواقب وخيمة ما لم ينعكس هذا التوجه.

والغريب أن القناعة لم تتسع إلا أخيراً، بأن الحياة هي أيضاً عامل أساس في تنظيم وتكييف البيئة العالمية عبر تأثيراتها في الدورات المائية

والكيميائية.

دور الإنسان في الإخلال بالتوازن البيئي:

لقد كان للنشاط البشري أكبر الأثر في الإخلال بالتوازن البيئي، ولقد بدأ واضحاً نمو هذه التأثيرات مع مطلع القرن الثامن عشر نظراً للزيادة المطردة لعدد البشر (بمقدار ثمانية أضعاف)، كما ازداد معدل العمر المتوقع للفرد بمقدار الضعف على أقل تقدير، وخلال الفترة نفسها أصبح النشاط البشري الاقتصادي عالمي الأبعاد بشكل متزايد، فالطلبات على المواد والخدمات في طرف من الكوكب تتم تلبيتها بالموارد الآتية من الطرف الآخر لهذا الكوكب، وحجم البضائع المتبادلة في التجارة العالمية قد ازداد بما يزيد على ثمانمائة ضعف[3] وهو يمثل الآن أكثر من ثلث الإنتاج الاقتصادي العالمي الكلي.

والمكونات الثلاثة لهذا النمو ولهذا الاتساع العالمي للنشاط البشري والتي كان لها أكبر الأثر على البيئة هي:

- الزراعة والتوسع الزراعي.

- الطاقة.

- التصنيع.

أولاً: الزراعة

حيث تعتبر الدافع الرئيسي لتحول الأراضي في العالم، ومنذ منتصف القرن الماضي تم تحويل تسعة ملايين كيلومتر مربع من سطح الأرض إلى أراضي دائمة لزراعة المحاصيل.

وتكمن ملامح الدور البشري في الإخلال بتوازن البيئة في المجال الزراعي في:

1- التوسع الزراعي السريع:

لقد دعت الحاجة المتزايدة إلى الغذاء بعض الدول إلى القيام بسياسات زراعية قصيرة المدى، أدت في نهاية الأمر إلى تدهور في المواد الزراعية بدلاً من تقدمها، حيث لجأت بعض الدول للتخلص من مساحات شاسعة من الغابات بغرض الحصول على مساحات إضافية للأراضي الزراعية (مثل مجزرة الغابات الاستوائية في الأمازون بالبرازيل وغابات لاكندون المكسيكية المطيرة) الأمر الذي عرض هذه الغابات للنضوب والفناء، ولقد أعلنت الأمم المتحدة في قمة (ريودي جانيرو) في البرازيل في يوليو 1992م، أنه تم قطع 494 مليون فدان من الأشجار، وأن التصحر قد نجح في التهام 297 مليون فدان أخرى، وأن عشرات الألوف من أنواع الحيوانات والنباتات قد انقرضت، كما ارتفعت نسبة ثاني أكسيد الكربون 25% عما كانت عليه 1972م.

وتكمن مشكلة إزالة الغابات فيما تنذر به من كارثة مناخية عالمية، إذ أن الغابات المطيرة بمثابة ميزان يحفظ ثبات المناخ ودوران المياه في كوكب الأرض، هذا فضلاً عن كونها تمثل رئات هائلة تمد معظم الأحياء على الأرض بالأكسجين اللازم.

2- الإسراف في القضاء على بعض الآفات الزراعية:

لقد أدى التدخل البشري في مكافحة نوع من الكائنات إلى ازدياد معدل تكاثر أعدائها الطبيعية إلى درجة التهديد بخطر آخر أشد ضراوة، مثل ما حدث في الولايات الأمريكية محاولة الحكومة القضاء على البوم والصقور لخطورتها على الدجاج (حيث أمكن القضاء على نحو 125 ألف طائر في خلال 18 شهراً) فكانت المفاجأة التي أعقبت الحملة ازدياد عدد الفئران

والجرذان زيادة مخيفة شكلت خطراً بالغاً على المحاصيل الزراعية، يفوق خطورة الصقور والبوم على الدجاج.

ثانياً: الطاقة:

حيث نمى استخدام الطاقة بمقدار ثمانين ضعفاً خلال الفترة نفسها، الأمر الذي أدى إلى نتائج شديدة التأثير على الجريانات الكيميائية لعناصر الكربون والكبريت والنتروجين على كوكب الأرض.

والآن يزداد الطلب العالمي على الطاقة، مع ازدياد المعرفة بالتهديدات التي تواجه بيئة الكرة الأرضية نتيجة لاستخدام الطاقة، فاحتراق الفحم الحجري والنفط يؤدي إلى تكوين المطر الحمضي الذي يدمر البحيرات والغابات والأبنية والمحاصيل في أوروبا وأمريكا الشمالية، وينتج من الانشطار النووي نفايات مشعة طويلة العمر، كما تملأ السيارات الهواء بالدخان Smoke الذي يشكل تهديداً للصحة والممتلكات في العالم الصناعي برمته، وينتج من استهلاك الطاقة إطلاق ما يقرب على خمسة بلايين طن من الكربون في الجو كل عام، إن ازدياد مفعول الجنة (البيوت النباتية)، يمكن أن يرفع درجة حرارة الجو في الكرة الأرضية بضع درجات قبل حلول منتصف القرن القادم مغيراً بذلك مناخ الأرض بمعدل أسرع من معدل التغير المناخي في نهاية العصر الجليدي الأخير بمقدار يتراوح ما بين 10 و 100مرة.

ثالثاً: التصنيع :

ازداد الإنتاج الصناعي العالمي بأكثر من مئة ضعف خلال مئة عام، وتدعمه في ذلك معدلات نمو طويلة الأمد تزيد على 3% سنوياً في مجال استعمال فلزات أساسية مثل الرصاص والنحاس والحديد.

ولقد ساعدت التوسع الصناعي إنتاج العديد من المركبات والمواد الكيميائية، التي تستخدم في شتى الأغراض، في نفس الوقت التي حشدت

فيـه الـدول الصـناعية الكبـرى ترسـانتها الحربيـة كميـات هائلـة مـن المـواد الضـارة بصـحة الإنسـان والملوثـة للبيئـة لاسـتخدامها فـي تأديـب الشـعوب الضعيفة، فيما هو معروف بـالحروب البيولوجيـة والكيمائيـة، بالإضـافة إلـى انعكاسات التوسع الصناعي على تلوث البيئة، واكتظاظها بكثير من العوادم والنفايات.

ونستطيع أن نلخص أهم مسببات اختلال الاتـزان البيئـي علـى النحو التالي:

1- تغير الظروف الطبيعية.

2- إدخال كائن حي في بيئة جديدة.

3- القضاء على بعض كائنات البيئـة.

4- تدخل الإنسان المباشر.

وقـد نـتج عـن التـدخل البشـري فـي الإخـلال بـالاتزان البيئـي أهـم المشكلات الآتية:

أ- انخفـاض إنتاجيـة الأرض الزراعيـة وتـدهورها نتيجـة لسياسـات التوسـع العاجل والسريع والذي كـان مـن أبـرز نتائجهـا زراعـة الأراضـي الهامشـية القابلة للتعرية كما حدث في الهند وأمريكـا، ويكمـن خطـر التعريـة فـي الحد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، هذا فضـلاً عن استنزاف مـا بهـا مـن غـذاء عضـوي وفلـزات، وكـل ذلـك يـؤدي إلـى انخفـاض إنتاجيـة الأرض الزراعيـة وتـدهورها، ممـا اضـطر معـه مـن اسـتخدام المخصـبات الزراعيـة ومبيدات الآفات ذات الآثار الضارة على البيئة.

ب- التغيـرات الجوهريـة فـي المنـاخ العـام، فلقـد أدى إقامـة السـدود وإنشـاء الخزانـات علـى مجـاري الأنـهـار أو الأدويـة إلـى إحـداث تغييـرات جوهريـة فـي المنـاخ العـام لتلـك البيئـات التـي توجـد بهـا، ولقـد تمثـل ذلـك فـي ارتفـاع

معدلات التبخر والرطوبة النسبية، فضلاً عن التأثيرات الضارة بالقشرة الأرضية السطحية في هذه المناطق، كما أن إزالة الغابات ساعدت على زيادة نسبة ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وذلك عند إحراق الأوراق والأغصان أو تعفنها.

جـ- التصحر: ويقصد به زحف العوامل الطبيعية (الرمال، الثلوج، الرياح أو الحرارة) على الأرض الزراعية بصورة تؤدي إلى اكتساحها فتتحول في النهاية إلى أرض متدهورة إنتاجياً وطبيعياً، وهناك مظهر آخر للتصحر في مفهومه الواسع هو تملح التربة. ففي المناطق التي تحتوي فيها مياه الري على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة، تؤدي في الغالب عمليات الري غير السليمة وانعدام الصرف إلى تراكم الأملاح في التربة، وبالتالي إلى تضرر النباتات النامية.

وترجع ظاهرة التصحر إما لأسباب طبيعية لا إرادية، كالتغيرات الشديدة في المناخ من حرارة وبرودة وأمطار أو نتيجة للجفاف المميت والرياح العاصفة والفيضانات المغرقة التي تؤدي إما إلى جرف الطبقة السطحية من التربة أو ردمها بالرمال المتحركة.

وتلعب التدخلات البشرية أيضاً دوراً في انتشار ظاهرة التحصر نظراً للرغبات الأنانية والجامحة في إرباك النظم البيئية، أو لغياب السياسات والمؤسسات التي تحاسب مستعملي المياه، مثل ما يحدث في عمليات الري.

د- التلوث البيئي: وهو ما سوف نتعرض له بصورة أكثر اتساعاً، باعتباره ثاني أكبر المشكلات التي تهدد وتؤرق البيئة في عالم اليوم.

أهداف رقابة الأرض:

1- مراقبة عملية جمع ونقل الفضلات الصلبة ومراكز تجميعها والطرق المتبعة في ذلك ودراسة أثر ذلك على صحة المواطن وسلامة بيئته.

2- إجراء مسح بيئي ميداني لمواقع مكاب النفايات لتحديد الآثار البيئية والصحية المترتبة على كل مكب على حده.

3- المراقبة الدورية لمكاب النفايات البلدية لتحديد السلبيات والممارسات الخاطئة واقتراح الحلول العملية والعلمية لتلافي السلبيات.

4- مشاركة الجهات المعنية الأخرى في عمليات اختيار أو نقل مواقع مكاب النفايات البلدية.

5- متابعة ومراقبة الصناعات القائمة بمشاركة مديريات الصحة المعنية في كيفية التعامل مع المخلفات الصناعية الصلبة واقتراح الحلول العلمية والعملية للمعالجة.

6- مشاركة الجهات المعنية الأخرى في الأمور المتعلقة بمكب النفايات الخطرة في سواقة.

7- دراسة وتقييم نفايات المؤسسات الطبية واقتراح الطرق العلمية للتعامل معها.

8- دراسة وتقييم درجة تلوث التربة واقتراح الحلول العلمية والعملية لمعالجتها.

9- مراقبة الزراعة المقيدة ومدى التزام المزارعين بالشروط الصحية الموضوعة بهذا الخصوص بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة.

10- مراقبة متبقيات المبيدات الحشرية وغيرها من المركبات الكيميائية المستخدمة في الزراعة وأثر ذلك على صحة الإنسان وضبطها ضمن الحدود المسموح بها من الناحية الصحية.

11- مراقبة الفضلات الصلبة الزراعية بمراحلها الثلاث التجميع والنقل والتخلص منها.

12- مراقبة عمليات تخمير واستخدام السماد البلدي بالطرق الخاطئة وما يسببه من مكاره صحية ينتج عنها تكاثر الذباب والبعوض والأضرار بصحة المواطن وسلامة بيئته.

13- عقد دورات تدريبية لرفع كفاءة العاملين والفنيين في هذا المجال.

14- المشاركة في اللجان الفنية، الدورات، الورش والحلقات العلمية والمؤتمرات ذات العلاقة بالمجالات السابقة الذكر.

الفصل الثاني

الهـــــــواء

2

الفصل الثاني

الهواء

مكوناته:

يوجد بين الشمس والأرض الغلاف الغازي، الذي يتكون من مجموعة من الغازات، وهو يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة، وهو عامل مؤثر في كل عنصر من عناصر المناخ ومتأثر بها، ويبلغ سمك هذا الغلاف 10000 كيلو متر.

غير أن 97% من حجم الغازات يتراكم في الجزء السفلي من هذا الغلاف ويبلغ سمكه 29 كيلو متراً كما أنه المسافة 80 كيلو متراً حول سطح الأرض يكون الغلاف متجانساً، من حيث نسب مكوناته الغازية المختلفة.

ويتركب الهواء من:

1- النتروجين 78% .

2- غاز الأكسجين 21% .

3- أما الباقي ويمثل 1% ويشمل: غاز الأرجون 0.93% و ثاني أكسيد الكربون 0.03%.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون أهم مكونات الهواء، حيث يعمل كشبكة من جانب واحد تقوم بامتصاص حرارة الشمس، ويقوم ببثها مرة أخرى إلى الكرة الأرضية أثناء غياب الشمس.

الهواء النقي:

يمكن أن نسمي الهواء نقياً إذا احتوى على الأكسجين بنسبة 20.94% ، والأرجون نسبة 0.93%، وثاني أكسيد الكربون بنسبة قليلة

جداً لا تزيد في الهواء النقي على 0.03% وهذه الغازات الأربعة تكون في مجموعها 99.9% من حجم الهواء، وقد يحتوي الهواء على بخار الماء بنسبة من 1% إلى 4%.

الهواء الملوث:

عرف خبراء منظمة الصحة العالمية تلوث الهواء بأنه: الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعتبر ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته، وعندما نتكلم عن تلوث الهواء، فإننا نتكلم في الحقيقة عن تلوث الطبقة السطحية من الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية، والتي تمتد فوق سطح الأرض إلى مسافة تتراوح بين 8 و 15 كيلو متراً تسمى ترويوسفير.

وهذه الطبقة هي الطبقة الهامة بالنسبة لمعيشة الأحياء، سواء النباتات، أم الحيوانات، أم الإنسان، وهذه الطبقة تحتوي على مكونات الهواء، وهي الأكسجين، والنتروجين، والأرجون، وثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وبعض المواد الأخرى وذلك بنسب تختلف حسب مدى نقاء الهواء.

وعادة تقل درجة حرارة الطبقة هذه بمعدل درجة حرارة واحدة كلما ارتفعنا 150 متراً والمفروض أن هذه الطبقة من الغلاف الجوي تحوي هواء نقياً، إلا أنه نتيجة للنشاط الإنساني المكثف تختلف بعض المكونات في هذه الطبقة من الهواء، ويختلف التلوث من مكان لآخر، وبرغم ذلك تنتقل الملوثات من مكان إلى آخر، ومن أسفل إلى أعلى، وفي جميع الاتجاهات بفعل حركة الهواء لتلوث الهواء في مناطق أخرى.

ولتلوث الهواء غالباً ما يرجع إلى عدد من المواد ناتجة من عدة مصادر وليس مادة واحدة، وعادة ما يكون التلوث ناتجاً من مخلفات عادم السيارات، أو ناتجاً من مختلفات المصانع أو النفايات الصلبة والسائلة

للإنسان والحيوان والنبات، وتركيز الملوثات في الهواء لا يعتمد فقط على كميات هذه الملوثات، بل يعتمد أيضاً على مدى قابلية الجو لامتصاص وتوزيع كميات الملوثات بعيداً عن مصادر إنتاجها.

ولم يكن تلوث الهواء يثير اهتمام العلماء حتى المدة من 1950 وعام 1960، حيث بدأت تظهر مشاكل تلوث الهواء الناتجة في الأماكن الصناعية، وانتقلت المشكلة من مشكلة محلية إلى مشكلة عالمية.

ولقد قدر العلماء مقدار كميات أكاسيد الكبريت الملوثة للهواء الناتجة من النشاط الإنساني بحوالي 110 مليون طن، ومقدار الأجزاء الصلبة في الهواء بحوالي 59 ملين طن، وكميات أكاسيد الكبريت بحوالي 69 مليون طن، وأول أكسيد الكربون بحوالي 194 مليون طن، والهيدروكربونات بحوالي 53 مليون طن.

تقسيم ملوثات الهواء:

يقصد بتلوث الهواء احتواء الهواء الداخلي In Door أو الخارجي Out Door على ملوث أو عدة ملوثات بكميات مؤثرة، ولفترة زمنية قد يكون لها تأثير على صحة الإنسان أو النبات أو الحيوان أو المحيط الحيوي الذي يعيش فيه الإنسان.

تقسم ملوثات الهواء حسب حالة الثبات إلى عدة أنواع هي:

1- ملوثات أولية:

وهي الملوثات التي يتم بثها من مصدر، وتبقى هذه الملوثات كما هي في الجو والبيئة دون أدنى تغير.

2- ملوثات ثانوية:

وهي الملوثات التي يتم تحويلها في الجو إلى مركبات أخرى خلال بعض التفاعلات، وقد تكون هذه التفاعلات مع مواد موجودة طبيعياً في

الجو، ويمكن أن تكون ملوثات أخرى، ومثال هذا التفاعل الضوء كيماوي تكون الأوزون أو تفاعل لا ضوئي كيماوي مثل التحلل المائي والأكسدة.

تقسم ملوثات الهواء حسب حالة الملوث:

وهنا تقسم الملوثات إلى :

1- ملوثات غازية، وهي تلوث الهواء الجوي، ويوجد مثيل لها في الهواء الجوي.

2- حبيبات عالقة ملوثة، وهي إما سوائل، وإما مواد صلبة، والمعروف أن الحبيبات ذات الأقطار الكبيرة ترسب على مسافة بسيطة وبسرعة، وتحدث ضررها بجوار مصدر بثها، وهناك الحبيبات المتوسطة الحجم، والتي يمكن أن تسافر إلى مسافات أكبر ولكنها ترسب في أماكن بعيدة نوعاً ما من مناطق بثها والمثال عليها الضباب، الأدخنة وغيرها.

3- الحبيبات الدقيقة الملوثة والتي عادة، تبقى معلقة في الجو، وتنتقل بالرياح إلى مسافات بعيدة جداً.

مصادر تلوث الهواء في هذا العصر:

1- الملوثات الناتجة من عوادم السيارات:

تعتبر السيارات في العالم هي المسؤولة عن حقن الجو بحوالي 60% من ملوثات الهواء، وتجوب شوارع العالم عدة بلايين من السيارات تستخدم كميات هائلة من الوقود، إن أسطول السيارات العالمي كان 48 مليون سيارة عام 1950، وأصبح 331 مليون سيارة عام 1982م.

وإذا أخذنا مدينة القاهرة كمثال للمدن المزدحمة نجد أن الأعداد المسجلة من السيارات عام 1969 هو 85800 سيارة، ارتفع ليصل عام 1974 إلى 133500 سيارة، وتصل الآن إلى أكثر من 650000 سيارة،

تستهلك حوالي 1.25 مليون طن بنزين، وتنتج حوالي 100 ألف طن نواتج احتراق.

أما عن أضرار نواتج الاحتراق على الإنسان فإن غازل أول أكسيد الكربون يزداد تركيزه في الدم، فيعطل نقل الأكسجين للأنسجة، حيث يسبب حالات دوار وإغماء، وبالتالي يقل نشاط الإنسان وإنتاجه، بجانب الأضرار الصحية التي قد تصل إلى حد تسمم الدم، هذا بالإضافة إلى خروج الرصاص، والذي يعتبر ساماً للنباتات والكائنات الحية، حيث يؤدي إلى تعطيل الأنزيمات، وبالتالي فقر الدم، ويؤثر بشدة على الأطفال، مسبباً حالات التخلف الدراسي لتأثيره على المخ.

كما يحتوي عادم السيارات على أكاسيد نتروجينية، تسبب أمراضاً صدرية، أما الهيدروكربونات، فتكون ما يسمى بالضباب الكيموضوئي، كما أن الدخان وبعض الهيدروكربونات تسبب مرض السرطان للإنسان، أما ثالث أكسيد الكربيت وغيره من مركبات الكبريت، فهي تكون الأمطار الحمضية التي أصبحت مشكلة في الدول الأوروبية، إن بعض الأكاسيد النتروجينية الموجودة في عادم السيارات تنتج الضباب الكيموضوئي الذي يتفاعل مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس، ليكون مواد شديدة الخطورة مثل الأوزون، كما أن العادم يخرج كميات من جزيئات الكربون والزيوت والمواد غير المتطايرة.

2- الملوثات الناتجة من المصانع المتحركة:

حيث أن كثيراً من المصانع تستعمل السولار كمصدر لإنتاج الطاقة وحيث أن السيارات الكبيرة تستعمل كميات كبيرة من هذا السولار، وتسير في الشوارع المدن تبث فيها كميات هائلة من المواد الضارة، سواء أول أكسيد النيتروجينية، أم أكاسيد الكبريت، أم الأحماض العضوية، لذلك يطلق

كثير من العلماء على مثل هذه السيارات العملاقة اسم المصانع المتحركة، حيث يجب أن تمنع هذه السيارات من مجرد التواجد حول المدن، لما تحمله من أضرار بالغة بالنسبة لتلوث الهواء.

ونظراً للإنفجار السكاني وشدة الحاجة إلى الطاقة الكهربائية والحرارية خصوصاً في دول العالم الثالث، بدأت كثير من هذه الدول في إنشاء محطات توليد الطاقة، وفضلت أن تستخدم الوقود البترولي، خاصة المازوت أو الغاز الطبيعي، باعتباره أحد نواتج البترول التي يسهل الحصول عليها بأسعار معقولة، ونتيجة لعمليات حرق المازوت، تنتج كميات هائلة من المواد الملوثة للجو الشديدة الضرر للإنسان، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون، وتخرج كميات هائلة من ثاني أكسيد الكبريت، وثالث أكسيد الكبريت، وأكاسيد نتروجينية، وكل من الغازات الأخيرة يعتبر شديد الضرر للإنسان والحيوان، وتعتبر هذه الغازات أيضاً ضارة للنبات، إذا زاد تركيزها على حدود معينة.

لقد أوضحت الدراسات، التي أجريت على 35000 سيارة تمر داخل نفق، أن متوسط ما تخرجه السيارة الواحدة في هذا النفق 358 مليجرام، ميل مواد ضارة، منها 158 مليجرام مواد عضوية، و 31 مليغرام من الرصاص، وبجانب ما تخرجه السيارات من عادم السيارات، فإن السيارات تكون سبباً في ملوثات أخرى بطريقة غير مباشرة، أهمها أتربة الطرق والسلكا الناتجة من الرمال وحبيبات الإسفلت، وكذا نواتج احتكام العجلات الكوتشك بالشارع، بالإضافة إلى الفطريات وحبوب اللقاح والأملاح والرصاص والكاديوم الناتج من نواتج احتكام الكوتشك بالشوارع أثناء سير السيارات.

3- الملوثات الناتجة من الطائرات:

نظراً للزيادة الكبيرة في عدد الطائرات التي تجوب المجال الجوي، والتي تلوث، على الأخص، طبيعة التروبوسفير والطبقة السفلى من الاستراتوسفير، فلقد دعا ذلك العلماء إلى محاولة تقدير كميات الملوثات التي تخرجها هذه الطائرات، فعلى سبيل المثال، يبلغ ما تبثه طائرات الجت في الجو، والتي تطير تحت 3500قدم من الألدهيات، وأول أكسيد الكربون، والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين والحبيبات الصلبة هو 5. 56، 15، 37، 54 رطلاً لكل 1000 جالون من الوقود على التوالي.

بينما كان ما تبثه طائرات التربو هو: 5، 40، 23، 12 رطلاً لكل 1000 جالون من الوقود على التوالي:

وما تبثه الطائرات التي تعمل بموتورات ببسا تم هو 2.450، 491، 147، 12 رطلاً لكل 1000 جالون من المركبات السابقة على التوالي.

ويلاحظ أن الطائرات الأخيرة هي أشد الطائرات في بث ملوثات في الجو:

4- الملوثات الناتجة من محطات الإسفلت:

عادة، تضم محطات إنتاج الإسفلت، التي تستخدم في الرصف، عدة وحدات من الكسارات والهزازات والرمال، هذا بالإضافة إلى القار ومحتوياته، وعادة ما تخرج أكبر كمية من الملوثات من هذه المحطات من الكسارات والهزازات أو عند تجفيف الإسفلت.

عموماً، تبلغ كميات الأتربة والغازات الناتجة مقابل طن من الإسفلت خمسة أرطال، ومعظم هذه الملوثات تهبط في أماكن قريبة من أماكن بثها.

5- الملوثات الناتجة من مصانع الإسمنت:

تتكون المواد الأولية في مصانع الأسمنت من الحجر الجيري، والجبس الرملي، والطفلة، وخبث الحديد، ويتم تصنيع الأسمنت بطريقتين: الطريقة الجافة، والطريقة الرطبة، ويتبع في مصر غالباً تصنيع الأسمنت بالطريقة الجافة برغم أن الطريقة الرطبة لا تخرج كميات كبيرة من الملوثات.

وعادة ما يتم طحن المواد جيداً وخلطها، ثم تعريضها في الأفران لدرجات حرارة تصل إلى 1400م ويتم ذلك باستعمال السولار، أو وقود غازي، وعادة ما تخرج عديدة من الغازات الضارة بالصحة العامة، سواء ثاني أكسيد كربون، أم أول أكسيد كربون، وثاني أكسيد كبريت، وثاني أكسيد النتروجين، وبعض الألدهيدات والهيدروكبرونات، وعادة تخرج كميات من الأرتبة القلوية أو الأتربة الاسمنتية، أو الأتربة الناتجة من المواد الأولية، ويتم ترسيبها عن طريق فلاتر الكتروستاتيكية لمنع خروجها مع الهواء.

6- الملوثات الناتجة من عمليات الحريق:

أ- حريق الفحم:

ينتج من احتراق الفحم عدة أنواع من الغازات، أهمها أول أكسيد الكربون، وأكاسيد النتروجين، وأكاسيد الكبريت، والألدهيدات، والهيدروكربونات، وتختلف نسبة كل من هذه المركبات حسب تركيب الفحم وطريقة الاحتراق وحجم الوحدة التي يتم فيها الحريق.

كما يبث حرق الفحم كميات من المواد الصلبة المتطايرة التي تعتمد كميتها على كمية الرماد في الفحم المحروق، كما أن حرق الفحم يخرج منه مادة البنزوبيرين، وهي من المواد المسببة للسرطان، وتتراوح هذه الكمية من 600 إلى 100000 ميكروجرام، طن طبقاً لكيفية الحريق.

ب- حرق الغازات الطبيعية:

تعتبر عملية حرق الغازات الطبيعية من أكثر العمليات التي تبث في البيئة كميات كبيرة من مادة البنزوبيرين فمثلاً ينتج عن حرق كل مليون قدم مكعب من الغازات الطبيعية 130 رطلاً من البنزوبيرين، بينما نواتج حرق هذه الغازات من الألدهيات وأول أكسيد الكربون والهيدروكربنات وأكاسيد النتروجين تعتبر أقل من الفحم.

جـ- حرق الزيوت:

تتفوق الزيوت في إنتاج كميات أكبر من نواتج الحرق عن كل من الفحم والغازات الطبيعية فهي تنتج كميات أكبر من أكاسيد.

7- الملوثات الناتجة من مصانع تكرير البترول:

ينقسم العمل في مصانع تكرير البترول إلى أربع مراحل عملية، هي الفصل، وعملية التحويل، وعملية المعاملة، ثم عملية الخلط.

وفي كل من المراحل الأربع: تخرج كميات هائلة من المواد الملوثة، أهمها: الهيدروكربونات، والحبيبات العالقة، وثاني أكسيد النتروجين، وأول أكسيد الكربون، والألدهيدات، والناشدر، وتختلف كمياتها حسب نوع الزيت

والمرحلة التي يتم فيها عملية تكرير البترول.

8- الملوثات الناتجة من عملية حرق النفايات الصلبة:

ينتشر في الوقت الحاضر أسلوب غريب للتخلص من النفايات الصلبة، برغم شدة خطورة هذا الأسلوب من حيث تلوث الهواء.

فجميع مقالب القمامة الحكومية والخاصة يتم فيها حرق القمامة عن عمد، بقصد التخلص من كميات كبيرة منها، وفي الوقت نفسه، قامت معظم المحافظات بإنشاء وحدات حرق القمامة كهربائية في أفران خاصة.

ويتم حرق النفايات الصلبة بطريقتين:

أ- حرق القمامة في محارق القمامة: وفيها تتحول القمامة إلى رماد ومن عيوبها:

1- أنها تبث كميات كبيرة من المواد الضارة في الجو المحيط ولمسافات طويلة.

2- غير اقتصادية في استهلاك الكهرباء.

3- المحارق غالباً ما تتلف في مدة وجيزة.

4- لا تعتبر ذات قيمة إلا في المستشفيات حيث تكون الكمية اللازم حرقها صغيرة جداً وخطرة.

ب- حرق القمامة في المقالب: حيث الاحتراق الذاتي للقمامة ومن عيوبها أن كميات كبيرة من المواد العضوية تبقى غير محروقة حرقاً كاملاً.

أهم ملوثات الهواء:

أجمع العلماء على أن هناك ستة ملوثات هامة جداً، تؤدي إلي تلوث الهواء لها تأثير كبير على صحة الإنسان، وهي: محتوى الهواء من المواد الصلبة خصوصاً الحبيبات التي قطرها أقل من 10 ميكرونات، وثاني أكسيد

الكبريت، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد النتروجين، والأوزون، والرصاص، إلا أن بعض العلماء يضيف ثاني أكسيد الكربون والسناج، والهيدروكربونات، كمواد ملوثة.

أولاً: الجسيمات العالقة بالهواء

وهذه يمكن تقسيمها إلى ما يأتي:

أ- الغبار:

عندما يدخل الإنسان شقته، فإن أول شيء يدخل رئتيه هو هواء الشقة، ولو دخل الواحد منا حجرته وفتح النافذة ليدخل شعاع الشمس، ثم نظر إلى هذا الشعاع سيجد الهواء ملوثاً بآلاف بل ملايين من جزيئات الغبار الصغيرة جداً سابحة ومعلقة في الهواء، وهذا فقط ما تراه العين المجردة.

والغبار عبارة عن جزيئات صغيرة جداً من المواد الترابية العالقة التي يحملها الهواء، نتيجة عوامل طبيعية، مثل العواصف الترابية والبراكين، أو بفعل عمليات صناعية يشارك فيها الإنسان، والغبار بصفة عام يمثل شكلاً من أشكال التلوث ويسبب أضراراً كبيرة، وتأتي خطورته من الناحية الكمية، وذلك لأنه يتواجد بكميات كبيرة، ويغطي مساحات واسعة.

ب- السناج:

يظهر السناج واضحاً في الريف عندما يقوم الفلاحون بإضاءة لمبات الكيروسين، وهو عبارة عن جسيمات صلبة دقيقة، قطرها أقل من ميكرون واحد، وهذه الجسيمات تتكون أساساً من الكربون غير المحترق احتراقاً كاملاً، ويتواجد السناج بكثرة في الأفران والمطاعم.

جـ- الأدخنة:

وهي ناتجة من احتراق المعادن وتأكسدها، حيث تتكون هذه الأكاسيد والجسيمات بفعل الحرارة الشديدة، وهي حبيبات صغيرة دقيقة قطرها أقل من ميكرون واحد.

د- الضباب:

وهو يتواجد بكثرة في مصانع الأغذية، أو في الطرق في الصباح الباكر، أو في المطابخ، ويتكون من قطرات من الماء نتجت من تكثف بخار الماء.

هـ- الرذاذ:

وهي قطرات من سائل معلقة في الهواء، يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وهي ناتجة من سوائل تمت تجزئتها بالسوائل الطبيعية.

و- الضباب الملوث بالسناج:

وهو يحدث عادة في المطاعم وبعض المنازل في الريف، حيث يختلط الضباب مع السناج في قطرات صغيرة.

ز- المواد العضوية:

عادة ما يتواجد في الهواء كميات من المواد العضوية المتحللة الناتجة من النباتات المنزرعة التي تحملها الرياح إلى أماكن عديدة، وقد تكون هذه المواد العضوية من أصل نباتي أو أصل حيواني.

ح- الميكروبات والجراثيم:

عادة ما يحمل الهواء عديداً من الميكروبات والجراثيم المحمولة على قطرات المياه، أو رذاذ المياه، أو الأتربة أو المواد العضوية، والجسيمات تشمل حبيبات الأتربة، والغازات، والهباب، والأدخنة، وقطرات سائل تبث عادة في الجو من مصادر مختلفة من السيارات أو المصانع أو محطات

القوى أو الحرائق أو من نشاط الرياح أو من الغازات المنبعثة في الجو، هذا والحدود المسموح بها هي متوسط 50 ميكروجراماً للمتر المكعب سنويا، ويسمح بالتعرض لـ 150 مليجرام لكل متر مكعب لمدة يوم واحد في السنة وليست بصفة مستمرة، ويبلغ ما تبثه الولايات المتحدة في الجو من المواد الصلبة من وسائل النقل 1.4 مليون طن سنوياً، بينما يبلغ الذي يبث من مصادر الطاقة 1.7 مليون طن، ومن المصانع 2.6 مليون طن، ومن الملخفات الصلبة 3 مليون طن، ومن مصادر مختلف 09 مليون طن، وبإجمالي 6.9 مليون طن سنوياً، ويقدر ما يبث في هواء العالم كله بحوالي 21.6 مليون طن.

ثانياً: ثاني أكسيد الكبريت

ينتج هذا الغاز من محطات توليد الكهرباء، ومن حرق الفحم، ومن حرق الزيوت، ومن محطات تكرير البترول، ومن مصانع الورق، ومن المصانع التي لا نتتج الحديد.

وهناك ثلاثة حدود مسموح بها من ثالث أكسيد الكبريت، حدود سنوية بواقع 0.03 جزءاً في المليون، أو 80 ميكروجراماً لكل متر مكعب، وحدود مسموح بالتعرض لها في يوم واحد في العام وهي 14 جزءاً في الميون أو ميكروجراماً لكل متر مكعب، وحدود مسموح بالتعرض لها لمدة ثلاث ساعات فقط، وهي 5 جزءاً في المليون، أي 1300 ميكروجراماً متر مكعب، وعادة ما يستعمل الحدان الأول والثاني، ولا يستعمل الحد الثالث.

ولقد قدرت الولايات المتحدة ما تبثه من ثاني أكسيد الكبريت في الجو من وسائل المواصلات بـ 16.4 مليون طن سنوياً، ومن المصانع بـ 3.4 مليون طن سنوياً، بمجموع قدره 20.7 مليون طن سنوياً.

ثالثاً: أول أكسيد الكربون

هو غاز عديم اللون والرائحة، وهو غاز سائل ينتج عن طريق مصادر الطاقة المحتوية على الكربون، وينتج ثلثا أول أكسيد الكربون، المنبعث في الكون من وسائل نقل خاصة ووسائل النقل الثقيلة، والحدود المسموح بها مرة واحدة في السنة هي 35 جزءاً في المليون ولمدة ساعة واحدة أو 9 أجزاء في المليون لمدة 8 ساعات، ويقدر أول أكسيد الكربون المنبعث من وسائل النقل في الولايات المتحدة بـ 41.2 مليون طن في السنة، والمنبعث من مصادر الطاقة 6.7 مليون طن سنوياً، ومن المصانع 4. مليون طن، ومن المخلفات الصلبة 1.7 مليون طن، ومن مصادر متنوعة 6 ملايين طن، ويكون الإجمالي السنوي حوالي 61.2 مليون طن في السنة.

رابعاً: ثاني أكسيد النتروجين

غاز لونه بني مصفر وهو نشط في الجو، ويدخل مع المركبات العضوية المتطايرة في تفاعلات كبيرة في الغلاف الجوي لإنتاج الأوزون، وينتج من حرق هذا الغاز كمية هائلة من الحرارة، وتعتبر وسائل النقل ومحطات توليد الغلايات في المصانع المصدر الرئيسي لإنتاج هذا الغاز.

وتسبب أكاسيد النيتروجين حساسية في الرئة والقصبات الهوائية، وتسبب حساسية للجهاز التنفسي للإصابة بالأمراض، وعلى سبيل المثال تبث أمريكا في الجو 8.1 مليون طن متري من وسائل النقل في العام، بينما تبث مصادر الطاقة 10.8 مليون طن، وتبث المصانع 6 مليون طن، والمخلفات الصلبة .1 مليون طن، وتبث مصادر متنوعة .2 مليون طن، وبذلك يكون إجمالي ثاني أكسيد النيتروجين الذي يبث في الجو هو 19.8 مليون طن.

خامساً: الأوزون

الأوزون هو ناتج من الأكسدة الضوء كيماوية لكثير من المركبات،

أهمهـا ثـاني أكسـيد النيتـروجين، وأول أكسـيد الكربـون والأكسـجين، والهيدروكربونات، وكذا الميثان، ويعتبر الأوزون في الطبقة العليا من الجو مفيداً للحياة، حيث يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية التي تبثها الشمس، وللتركيز العالي من الأوزون في طبقات الجو السفلى تأثير كبير على الصحة العامة، فالمعروف أن الأوزون لا ينتج مباشرة، ولكنه ناتج من تفاعلات معقدة بين عديد من المركبات والغازات والمواد العضوية المتطايرة في وجود ضوء الشمس، ويمكن تشجيع تكوين الأوزون أو تثبطيه طبقاً لما يحويه الهواء الجوي من ملوثات، وطبقاً لارتفاع درجة الحرارة، وطبقاً للوقت من السنة.

وعادة ما يتم بث هذه المواد العضوية المتطايرة وأكاسيد النيتروجين عن طريق وسائل النقل والمصانع، خاصة مصانع الكيماويات ومحلات تنظيف الملابس ومواد الطلاء وبعض المذيبات.

ويختلف طول مدة إنتاج الأوزون من مكان إلى آخر ومن وقت من السنة إلى وقت آخر، فعادة تعد المدة من شهر مايو حتى أكتوبر أحسن الأشهر لإنتاج الأوزون.

وعادة، فإن التركيز المسموح بالتعرض له من الأوزون ليوم واحد في السنة هو .12 جزءاً في المليون، وتقدر الولايات المتحدة كميات المواد العضوية المتطايرة التي تبثها أمريكا في الجو سنوياً حوالي 6.1 مليون طن من وسائل النقل، و 0. مليون طن من مواد حرق الطاقة، و 0.8مليون طن من المصانع، و 0.6 مليون طن من النفايات الصلبة، و 0.2 مليون طن من مصادر مختلفة، ويبلغ إجمالي ما يتم بثه في الجو 18.6 مليون طن سنوياً.

سادساً: الرصاص

للمستوى العالي من الرصاص تـأثير ضـار جداً وخطير علـى الإنسـان والبيئـة، ويعتبر الرصـاص ضـاراً جداً بالكائنـات الحيـة الرقيقـة، ويثبط هدم المـواد العضـوية، والتركيـز العـالي منـه يثـبط عمليـة التمثيـل الضـوئي، وللرصاص تأثير شديد على الجهاز العصبي خاصـة عنـد الأطفـال، ويسبب أمـراض الكلـى، ويقلـل مـن عمليـة النمـو، ويقلـل مـن المناعـة فـي الجسـم والرصاص ينتج من إضافات نواتج البترول، وكـذلك مصـانع صـهر المعـادن غير الحديديـة، وكـذا مصـانع إنتـاج البطاريـات، وتعتبـر وسـائل المواصـلات المسؤولـة عن 34% من كميات الرصاص الموجودة سنوياً في الجو، ولقد نجحت الولايات المتحدة خلال مشروعين لحمايـة الهـواء فـي إنقـاص كميـة الرصاص الموجودة في الجو مـن 21100 طـن عـام 1958 إلـى 8000 طـن عام 1987، ثم إلى 7600 طن متري عام 1988م.

ويرجع ذلك إلى تقليل تركيز الرصاص في البنزين، فعلى سبيل المثـال كان البنزين يحتوي من الرصاص عام 1970 على جرام واحد لكل جـالون، وأصبح نصف جرام فـي الجـالون عـام 1985، ثـم قل ليكـون 0.1 جـرام لكـل جالون عام 1986، وتقدر كمية الرصاص التي تبثها وسائل النقل سنوياً في الولايات المتحدة بـ 2600 طن عام 1988 بعد أن كانت 94.6 الف طن عـام 179، وكميات الرصاص النـاتجة من مصـادر الطاقـة 500 طـن عـام 1988، بعد أن كانت 4900 عام 1979م.

العوامل المؤثرة في توزيع ملوثات الهواء:

تلعب العوامل التالية دوراً هامـاً فـي توزيـع ملوثـات الهـواء مـن مكـان إلى آخر:

1- الرياح:

يعتبر كل من اتجـاه الريـاح وسـرعتها مـن العوامـل الهامـة فـي توزيـع

الأدخنة والمواد الضارة الناتجة من نشاط الإنسان، وتعمل الرياح بطريق غير مباشر على تخفيف درجة التلوث للمواد الملوثة في مكان ما، وعادة ما يكون اتجاه الملوثات في اتجاه الرياح، لذلك قد تتلوث بقعة بتأثير الرياح، ولا تتلوث بقعات أخرى في نفس المكان، وقد تحمي الغابات الأماكن المنخفضة من التلوث، حيث يعمل كستار يحميها.

2- سرعة الرياح:

كلما زادت سرعة الرياح وتخفيف الملوثات كلما زاد اتساع الرقعة الملوثة، ويمكن للرياح نقل الملوثات من بلاد إلى أخرى، كما حدث في حالة السحابة النووية الناتجة من المفاعل النووي السوفيتي، وعلى سطح الأرض تكون سرعة الرياح أبطأ وأضعف، وبالتالي يقل تأثيرها على الأرض في توزيع الملوثات، وكلما قلت سرعة الرياح بقيت الملوثات في أماكنها، وقل انتشارها كما تودي الدوامات دورها في الحد من انتشار التلوث.

3- ضغط الهواء ودرجة الحرارة:

وفي مستوى البحر يكون ضغط الهواء في المتوسط 14.7 رطلاً، بوصة مربعة، أو 22.785 رطلاً/ المتر المربع، وعلى ارتفاع 18000 قدم (5.5 كيلو متراً) فوق سطح البحر يكون الضغط حوالي الضعف.

وعادة ما تكون درجة حرارة الهواء قرب سطح التربة أعلى من المناطق العليا، وكلما ارتفع الهواء 1000 قدم نقصت درجة الحرارة 5.4 فهرنهيت أو درجة واحدة مئوية لكل 150 متراً.

هذا، وقد تحدث حالة عكسية، حيث تزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا في الجو، وهذا يؤدي إلى تراكم الملوثات قرب سطح التربة، ويعتمد ذلك على درجة حرارة أشعة الشمس، ودرجة الحرارة الناتجة من سطح الأرض

والرياح.

4- طوبغرافية الأرض:

تلعب طوبغرافيـة الارض دوراً هامـاً فـي حركـة الملوثـات، فـإذا كـان مصدر الملوثات في منطقة يحدها جبال أو تـلال، فإن ذلك يحد من حركة الملوثـات، حيث تتـراكم فـي المنطقة تركيزات من الملوثـات، وإذا تواجدت الأنهار أو إحدى البحيرات أو أحد البحـار أو المحيطات، فإن حركة الهواء تلعب دوراً هاماً في حركة الملوثـات، وذلك بتأثير درجة حرارة الشمس وحركة تيارات الهواء الباردة والساخنة.

5- الترسيب:

تعد عمليـة الترسيب من أهم المؤثرات على تنظيف الجو، ويتم الترسيب عادة عن طريق هطول الأمطار.

وفـي المنـاطق الصـناعية، حيث تتكـون الغيـوم الناتجـة مـن عـادم المصـانع المحملـة بالرصـاص النـاتج مـن حـرق الجـازولين، فـإن تفاعـل الرصـاص واليـود يكـون نـواة، تتـراكم حولهـا قطـرات الـثلج، التـي تصـل أقطارها في هذه الحالة إلى 100000 مرة قدر الأحجام العادية من قطرات الثلج غير الملوث، وهذا نوع من أنواع الترسيب الطبيعي، كما تلعب المحتويات الطبيعية لأجزاء الملوثات دوراً هاماً في توزيعها وانتشارها.

تأثير تلوث الهواء:

أولاً: تأثير تلوث الهواء على الإنسان:

أ- تأثير ملوثات الهواء على الإنسان من الناحية الصحية:

تخضع صحة الإنسان لعوامل مختلفة داخلية وراثية وخارجية بيئية تختلف في تأثيرها، وقد كانت العوامل الداخلية والوراثية، في الماضي، هي

المسؤول الأول عن صحة الإنسان، إلا أنه في الآونة الأخيرة، وبعد دخول الإنسان عصر الصناعة، أصبحت العوامل الخارجية البيئية هي المسؤول الأول عن صحة الإنسان، وأحد العوامل البيئية الهامة هو تلوث الهواء، أي يحتاج الإنسان إلى حوالي 15 كيلو غام هواء، إذ يحتاج في اليوم عشرة آلاف لتر هواء، وفي السنة إلى 3.6 مليون لتر، فإذا تغير تركيب الهواء من هواء نقي إلى هواء ملوث تسبب ذلك في حدوث أمراض واضطرابات فسيولوجية خطيرة، لذلك يجب على الانسان تجنب إحداث أية تغيرات في الصفات الطبيعية أو الكيماوية أو البيولوجية للهواء، وإلا تسبب ذلك في حدوث أخطار شديدة، فعلى سبيل المثال، إن التغيير في الصفات الطبيعية، سواء برفع درجة حرارته، أم يخفضها، يعرض الإنسان للإصابة بتثبيط المراكز العصبية، أو يزيد من تعرضه لأمراض البرد أو الميكروبات، كما أن تغير درجة حرارة ورطوبة الهواء بالنقص أو الزيادة يسبب جفاف الجلد والأغشية المخاطية ونقص الماء من الجسم، وقد تؤدي زيادتها أو نقصها أيضاً إلى اضطرابات في عملية إفراز العرق.

كما أن التغير في حركة الهواء والضغط الجوي وهي صفات طبيعية للهواء، يؤثر على الإنسان ونشاطه، وأقرب الأمثلة على ذلك ارتفاع الضغط فوق الجبال، حيث يصاب الإنسان بداء الجبال وغيره من الأمراض، هذا وتؤثر الإشعاعات الناجمة عن الشمس سواء ضوء الشمس، أم الاشعاعات الراديومية وهي من الصفات الطبيعية للهواء، تأثيراً ضاراً على الإنسان في حالة زيادتها أو نقصها، حيث أنها تحدث أمراضاً خطيرة، مثل أمراض الأجهزة التناسلية والجهاز العصبي، وبعض الإصابات السرطانية مثل سرطان الجلد.

أما صفات الهواء الكيماوية فهي تتكون من المواد الكيماوية التي

سبقت الإشارة إليها وأهمها الاكسجين الذي تحتاج اليه كل الكائنات الحية، حيث يحتاج الإنسان إلى 350 ملي في الدقيقة في حالة الراحة، وقد تصل إلى 5000ملي في الدقيقة عند الجري، وعادة ما يدخل الهواء المحمل بالأكسجين إلى الرئتين وهو محمل بتركيز 21% أكسجينياً، ويخرج وهو محمل بـ 15.5 - 18% أكسجينياً، أما الغاز الثاني فهو ثاني أكسيد الكربون، ويبلغ تركيزه في الهواء الجوي 0.3% عند الشهيق، بينما تتراوح نسبته في هواء الزفير من 2.5- 5%، وإذا زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء إلى 1% يصاب الإنسان بضيق تنفس وبأمراض تنفسية خطيرة، أهمها السعال وارتفاع درجة الحرارة، والصداع، وارتفاع الضغط، وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة.

أما الغاز الثالث، وهو غاز الأوزون فالمفروض أنه لا يتواجد في الجو المحيط بالإنسان، ولكنه يتكون في الجو لأسباب كثيرة في الوقت الحاضر، وإذا زادت نسبته على واحد في المليون، فإنه يتسبب في أضرار خطيرة للأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي.

هذا بالإضافة إلى عديد من المركبات، مثل أكاسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين، وأكاسيد الفحم الشديدة السمية، وكبريتيد الهيدروجين، والميثان، والهيدروكربونات وغيرها من المركبات الشديدة الضرر على الإنسان.

أما التغيرات البيوكوجية، فتشمل تلوث الهواء بكثير من الفيروسات والبكتريا والفطريات الممرضة والأكاروسات وكذا حبوب اللقاح التي تسبب إصابة الإنسان بكثير من الأمراض.

يؤدي تلوث هواء طبقة التروبوسفير إلى أضرار خطيرة بالنسبة لصحة الإنسان، فالأوزون على سبيل المثال، يسبب أضراراً خطيرة للرئتين

وللجهاز التنفسي للإنسان، حيث يؤدي تلويث الهواء لقطرات المياه، المحتوية على حامض كبريتيك، إلى تحطيم الأغشية الحامية للرئتين من الداخل، كما يؤثر دخول كل من ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين على وظائف الجهاز التنفسي، أما أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون فإنها تتفاعل في وجود ضوء الشمس، لإنتاج ما يسمى بـ مركبات ضوء كيميائية Photr Chemical Smog ، والتي تسبب مشاكل صحية كبيرة، وهناك مجموعة من البشر لديهم الحساسية للملوثات الهوائية، فمثلاً المصابون بالربو لديهم حساسية لهذه الملوثات، كما أن هناك كثيراً من أمراض الحساسية للجهاز التنفسي، يصلب بها الإنسان فور تعرضه لتركيزات مستمرة من هذه الملوثات.

وتلعب الأمطار الحمضية دوراً هاماً وخطيراً في صحة الإنسان، حيث تقوم هذه الأمطار بصرف المعادن السامة في مياه الشرب وفي الترع والقنوات والبحيرات، حيث تربى فيها الأسماك، فلقد لوحظ مثلاً، ارتفاع تركيز الزئبق، وهو من الملوثات الخطيرة جداً على الصحة، نتيجة تلوث المياه بالأمطار الحمضية.

إن الضباب الملخوط بمركبات ضوء كيماوية وبعض الدخان تسبب موت 4000 شخص في لندن عام 1952، من جراء التأثير المباشر على القلب والرئتين، ومنذ عام 1970 والحكومة الأمريكية تدفع عدة بلايين من الدولات، نتيجة مشاكل تلوث الهواء، وتدل التقارير الواردة من بولندا على أن مدينة كاتوريس تعتبر من أكثر من العالم تلوثاً، ويسبب هذا التلوث أضراراً خطيرة بالجهاز الدوري، كما يسبب أمراضاً بالجهاز التنفسي، ويسبب السرطان وتشوه الأجنة.

ب) أهم آثار ملوثات الهواء على الإنسان:

1- أول أكسيد الكربون:

ينافس ثاني أكسيد الكربون الأكسجين في الامتصاص خلال الأنسجة، وقد لوحظ أن ذلك يحرم الإنسان والحيوان من 20% من الأكسجين اللازم، ولقد أوضحت الدراسات أن غاز أول أكسيد الكربون يتواجد بكثرة في الأماكن المزدحمة بالسيارات، ويتسبب أول أكسيد الكربون فيما يلي:

1- ظهور حالة الدوار أو الإغماء.

2- قلة نشاط الإنسان وقلة إنتاجه.

3- قد تصل درجة التأثير إلى درجة التسمم في التركيزات العالية.

2- أكاسيد النتروجين:

تتواجد هذه الغازات في عوادم كثيرة من المصانع، وتؤثر تأثيراً مباشراً على الجهاز التنفسي، وقد وجد أن غازات أكاسيد النتروجين تتواجد بتركيزات عالية في المناطق الصناعية بما يعادل 10 أمثال الحدود المسموح بها، وقد لوحظ أن هذه الأكاسيد تؤدي الى:

1- زيادة تركيز غاز الأوزون نتيجة لتفاعل هذه الأكاسيد مع الجو.

2- وجدت علاقة بين هذه الغازات في هواء المدن وبين الإصابة بالأمراض الصدرية، وخاصة لدى أطفال المدارس.

3- يؤدي وجود هذه الغازات في الجو إلى ظهور الضباب الكيموضوئي، الذي يلعب دوراً هاماً في تكوين الأوزون.

3- أكاسيد الكبريت:

تنبعث هذه الغازات من عمليات احتراق الوقود، وكذلك نتيجة للتفاعلات الكيماوية، وأثناء إنتاج حامض الكبريتيك في مصانع الأسمدة الكيماوية، ومصانع الكيماويات وأثناء إنتاج حامض الكبريتك في مصانع

الأسمدة الكيماوية، ومصانع الكيماويات، كما أنه ينبعث نتيجة لاحتراق المازوت، ويمكن أن يخرج أيضاً من احتراق الفحم والبترول، وخصوصاً من الورض والمخابز وبعض المصانع، وكذا من سيارات الديزل، ويؤدي تلوث الجو بهذه الأكاسيد إلى:

1- نزول الأمطار الحمضية، نتيجة تفاعل هذه الغازات مع قطرات المياه وتكوين حامض الكبرتيك.

2- حدوث أضرار بالغة بالجهاز التنافسي.

3- تسبب هذه الغازات في تآكل المعادن والآلات وأحجار البناء.

4- أوضحت الدراسات التي أجريت فوق مبنى نقابة المهن الهندسية بشارع رمسيس أنه بتعريض الورق لمدة 3 شهور فقدت الأوراق نصاعتها بنسبة 40%، كما أنه احتوى على نسبة من حامض الكبرتيك، وانخفضت مقاومة الورق للثني بنسبة 30%.

4- الرصاص:

يعتبر الرصاص من أهم نواتج البنزين، وفي الوقت نفسه هو أخطرها، حيث تتم إضافة الرصاص إلى البنزين، لتحسين خواصه ورفع رقم الأوكتان، ويعتبر هذا العنصر ساماً جداً بالنسبة للإنسان والحيوان.

ويؤدي تلوث الجو بهذا العنصر إلى:-

1- يؤدي هذا العنصر إلى أضرار صحية بالغة: حيث يعطل عمل الأنزيمات.

2- يؤدي إلى حدوث فقر دم.

3- يؤدي إلى التخلف الدراسي للأطفال، حيث يؤثر على خلايا المخ.

4- وجدت تركيزات عالية في دم جنود المرور في الشوارع المزدحمة، وأوضحت الدراسة الآثار الجانبية لهذا العنصر على انزيمات الدم، وكذا

على حدوث فقر الدم لدى الجنود، ويترسب الرصاص في عظام الأطفال.

5- السناج:

السناج هو ذرات الكربون التي تظهر نتيجة لعدم الحرق التام للمواد، مثل القار والسولار والكاوتش والفحم والبترول، حيث تخرج كميات كبيرة من جزيئات الكربون في صورة رقائق صغيرة، تحمل معها جزيئات من الهيدروكربونات وبعض المعادن الثقيلة.

ولقد أوضحت الدراسات التي أجريت أن الهواء في المدن المزدحمة يحتوي على تركيزات عالية من هذه المواد، ويتضح ذلك جلياً من تلوث الملابس وتلوث الكتب في المكتبات، وتلوث المكاتب والأثاث في الأماكن القريبة من وسط المدن المزدحمة ويؤدي تلوث الهواء إلى ما يأتي:

1- تؤدي الهيدروكربونات وثالث أكسيد الكبريت وبعض المعادن الثقيلة المصاحبة لجزيئات الكربون إلى الإصابة بالسرطان.

2- تؤدي كثرة هذه المكونات في الجو إلى حجب الرؤيا، وذلك واضح جلياً في منطقة عين الصيرة بالقاهرة بعد الخامسة مساءً، حيث يقوم أصحاب قمائن الطوب بحرق كميات كبيرة من مصاصة القصب، وكذا كاوتش السيارات والمازوت، وظهر جلياً في الكويت بعد حرق آبار البترول.

3- اتساخ المنازل والمبلابس، مما زيد من استعمال المنظفات الصناعية.

6- الهيدروكربونات:

تلعب الهيدروكربونات دوراً هاماً في تكوين الضباب الكيموضوئي، كما تسبب الإصابة ببعض الأمراض السرطانية.

7- الغبار:

الغبـار نوعـان أحـدهما جزيئاتـه كبيـرة، والآخـر جزيئاتـه صـغيرة أو ناعمـة، ولـيس هنـاك خطـورة مـن الجزيئـات الكبيـرة، لأن الحـاجز الأنفـي يمنعها من الوصول إلى الرئة، وتخرج عن طريق السعال، ولكن الخطورة تكمن في الغبـار ذي الجزيئـات الناعمـة، لأنـها تبقى ملعقة في الهواء لمدة طويلة، وبالتالي يتم استنشاقها بكميات كبيرة، والرئة غير قادرة على طرد مثل هذه الجزيئـات، حيث تخترق الجهاز التنفسي وتصل إلى الحويصلات الهوائية.

والخطورة فيما تحويه هذه الجزيئات الناعمة من مختلف أنواع الغبار الجيـري والرملـي والإسـمنتي والطينـي ودخـان السـجائر ودخـان المصـانع وعوادم السيارات والمحروقات وذرات الفحم المحروقة وغيرها، وهذا ما يطلق عليه الغبار الممرض.

ملاحظة:

الغبار ذي الجزيئات أقل من 0.1 ميكرونـاً يعامل معاملـة الغازات ولا يستقر في الرئة لذا يعتبر غير ممرض.

ونظراً لأن الجراثيم والمواد التي تسبب الحساسية تشكل جزءاً كبيراً مـن مكونـات الغبـار، فـإن ذلـك يعتبـر السـبب الأول لمعظـم أمـراض الجهـاز التنفسي الحادة، بما في ذلك:

1- السل الرئوي.

2- الحصبة.

3- الجراثيم العنقودية والرئوية.

4- مرض داء المباني

5- أعراض الصداع.

6- كما لوحظ وجود نسبة عالية من المياه البيضاء بالعين، تصل إلى 90% لدى المصابين بالتغبر الرئوي، والذين تزيد أعمارهم على 50 سنة، في حين أنه لا تزيد نسبة المياه البيضاء في العين على أكثر من 30% لدى المرضى العاديين غير المصابين بالتغبر الرئوي.

ملاحظة:

عادة ما تصاب النساء اللائي يقضين معظم أوقاتهن بالمنزل بالتغير الرئوي نتيجة لتعرضهن لمدة طويلة للغبار ذي الجزيئات الناعمة وبسبب بعض العادات الخاطئة في تنفيض السجاد والموكيت.

8- تأثير ثقب الأوزون على الإنسان:

إن التأثير المباشر للأشعة فوق البنفسجية يكون على الجلد المباشر وعلى الأغشية، كما أن زيادة التعرض لهذه الأشعة يسبب سرطان الجلد والعمى وقلة المناعة في الجسم، وبالتالي سهولة التعرض للإصابة بالأمراض.

وعلى مستوى العالم يصاب 100000 مواطن بسرطان الجلد كل عام، وتعتبر الأشعة فوق البنفسجية هي المسؤول الأول عن ذلك، ويتوقع العلماء أنه كلما نقص الأوزون بنسبة 1% فإن ذلك سيؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد بزيادة 2%.

ولقد دلت نتائج البحوث في الوقت الحاضر على أن هناك نقصاً يعادل 40% من كمية الأوزون في طبقة الاستراتوسفير السفلية، الممتدة من 15-20 كيلومتراً وعادة ما يحدث هذا النقص الخطير في شهري أغسطس وسبتمبر، ويبقى ثابتاً خلال أكتوبر، ثم يعود مرة أخرى إلى طبيعته في شهر نوفمبر، ولقد دلت نتائج البحوث على أن نقص الأوزون بنسبة 1% في الغلاف الجوي يعني في الحقيقة زيادة في كمية الأشعة فوق البنفسجية

المارة خلال الغلاف الجوي بنسبة 2%، والمعروفة بضررها الشديد على الحياة والإنسان وصحته، كما أن نقص الأوزون في طبقة الاستراتوسفير وزيادته في الغلاف الهوائي التريسفير يعني في الحقيقة تغييراً كبيراً في مناخ الكرة الأرضية، حيث سيؤدي ذلك إلى رفع درجة حرارة طبقة التروبوسفير، وهو ما يعبر عنه بتأثير الصوبة.

الآثار الحادة للملوثات:

تبدو الآثار الحادة لتلوث الهواء على الإنسان عند حدوث المرض أو الوفاة، وهناك أمثلة واضحة لكوارث تلوث بيئة، نسوقها على سبيل المثال، وتتضح فيها الآثار الحادة والسريعة على الإنسان، وأهمها حادثة المكسيك عام 1950 عندت تسرب غاز كبريتيد الأيدروجين السام من معمل تكرير البترول.

وقد وقعت حوادث مأساوية في المصانع الكيماوية، من بينها ما وقع أخيراً في فليكسبور في المملكة المتحدة عام 1974، وكانت مأساة يهويال بالهند عام 1984 من أسوأ ما حدث، حيث يتجمع الفقراء بجوار المصانع، لعدم توافر المساكن الملائمة لهم.

2- في تشيكوسلوفاكيا أجريت دراسة على صحة الاطفال في كل من المناطق الشديدة التلوث والمناطق الأقل تلوثاً، ولقد أوضحت النتائج أن الاطفال في المناطق الشديدة التوث تقل لديهم نسبة الهيموجولبين في الدم، ومستوى الكالسيوم والفسفور، مع ظهور حالات الكساح بينهم، علاوة على قلة النمو.

3- في لوس انجلوس ومكسيكو ستي وساوبالو يتواجد الضباب الدخاني الضوء كيماوي.

4- في آسيا وافريقيا وأمريكا اللاتينية يؤدي استعمال الخشب والروث والفضلات الزراعية في الأفران المفتوحة، في حدود تركيزات خطيرة من الغازات السامة، إلى تراكم هذه المواد في المنازل، وتدل التقديرات على أن 1% من سكان الريف في الهند ونيبال وعشرات الملايين من الناس يعانون أمراض القلب والرئة المزمنة وكذلك التهاب الشعب

الهوائية المزمن وانتفاخ الرئة والربو والسرطان الأنفي البلعومي.

5- أوضحت الدراسة في كثير من بلاد العالم وجود علاقة كبيرة بين أمراض الجهاز الدوري وتهيج العينين، والحد من الرؤية، ووجود طعم غريب في الفم، والاضطرابات المزمنة في الجهاز التنفسي، وبين كمية الملوثات الموجودة في الهواء.

6- ثبت علمياً أن أول أكسيد الكربون ينافس الأكسجين في الامتصاص، ولذلك يصاب رجال المرور في الأماكن المزدحمة بالسيارات بفقر دم.

7- نسبة انتشار الأمراض النفسية في الأماكن الشديدة التلوث أكثر منها في المناطق النظيفة وفي عام 1976 حدثت مأساة سيفيرو، فقد أثارت الفزع، بنوع خاص، بسبب حرقها بمنطقة آهلة بالسكان، وما حدث عام 1987 بمنطقة الورديان بالاسكندرية أحد الأمثلة الصارخة لكوارث تلوث الهواء بالدخان.

وفي بلجيكا عام 1930 والولايات المتحدة 1948 حدثت كارثة مركبات الكبريت الخارجة من مصانع وقد لعبت طوبوغرافية المكان وكذا توقف حركة الرياح دوراً هاماً في امتداد فعلها السام لفترة طويلة، حيث تسببت في موت كثير من كبار السن والأطفال، بسبب التأثير على الجهاز الدوري والتنفسي، وفي لندن 1952 كانت هناك علاقة واضحة بين عدد الوفيات وكميات الكربون والجسيمات الأخرى المعلقة بالدخان، ودرجة تركيز أكاسيد الكبريت، وذلك للسكان الموجودين بجوار المصانع، والتي أصيب فيها السكان بأمراض الجهاز الدوري والتنفسي، التي أدت إلى موت المصابين.

الآثار المزمنة والمتأخرة:

تبدو الآثار المزمنة والمتأخرة واضحة من وقائع النتائج التي ظهرت، نتيجة لتلوث الهواء بشدة في الدول الآتية:

1- في إنجلترا اتضح أن النزلات الشعبية المزمنة كانت أكثر وضوحاً بين موزعي البريد الذين يعملون في مناطق ملوثة منها لدى الذين يعملون في مناطق غير ملوثة، ووجدت علاقة كبيرة بين التلوث والنزلات الشعبية، كما تسبب حرق الوقود في تلوث خطير للهواء على نطاق مدينة لندن بأكملها، نتيجة للضباب الدخاني الذي تسبب في موت آلاف من المواطنين.

8- ثبت وجود علاقة بين حجب أشعة الشمس نتيجة تلوث الهواء، خاصة حجب الأشعة فوق البنفسجية وإصابة الأطفال بلين العظام، نتيجة لعدم تكوين فيتامين د.

يعتبر ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والأزون وبعض الآثار الصغيرة من الغازات المتحكمة في حرارة الجو، وتسمى هذه الغازات بغازات الصوبة، حيث تقوم هذه الغازات بامتصاص حرارة الشمس، وتعيد بثها مرة أخرى إلى سطح الأرض.

وعلى ذلك اذا ارتفع تركيز هذه الغازات في الهواء فإن درجة حرارة الجو تزداد ويقدر العلماء كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق طاقة بيما يوازي 5 بلايين طن من الكربون، وسيرتفع هذا الرقم إلى 7-13 بليون طن عام 2000م، ومن 10 - 30 بليون طن كربون عام 2030م، ولقد دلت البحوث العلمية على أن تركيز ثاني أكسيد الكربون يختلف في الجو من عام إلى عام آخر.

ولقد قدر العلماء تركيز ثاني أكسيد الكربون عام 1950 في منطقة

القطب الجنوبي، بـ 28 جزءاً في المليون، ولقد ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون ليصل إلى 315 جزءاً في المليون عام 1958، ويصل عام 1984 إلى 343 جزءاً في المليون، ومن المتوقع أن يصل في القرن القادم إلى 600 جزء في المليون، هذا وتلعب بعض الغازات الموجودة في صورة آثار، مثل أكاسيد النتروجين والميثان والكلروفلور كاربون، والأوزون وبخار الماء دوراً هاماً في درجة حرارة الجو.

وسوف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الكرة الأرضية 1.5-4.5 درجة مؤية إلى ارتفاع في مستوى ماء البحر من 20 - 140 سم، نتيجة ذوبان الثلوج في مناطق القطب الجنوبي والشمالي، وسيؤدي هذا الارتفاع في درجة الحرارة إلى التأثير على الزراعة وبالذات على إنتاج الغذاء، وسوف يؤدي رفع درجة حرارة الكرة الأرضية درجتين مئويتين فقط، إلى نقص في إنتاج المحاصيل يترواح من 3- 17% وسوف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تشجيع نمو الحشرات والأمراض، بما يؤثر على إنتاج النبات.

ثانياً: تأثير تلوث الهواء على المواد غير الحية:

أ- التأثير على تركيب المواد المختلفة في البيئة:

لقد أدى التلوث الشديد للهواء، اعتباراً من نصف القرن التاسع عشر، والمتمثل في زيادة الرطوبة والجفاف والحموضة وأنواع الملوثات المختلفة، سواء أكاسيد الرصاص، أما أكاسيد الكبريت، أم أكاسيد النتروجين الخ، إلى تغير المواد الموجودة في الطبيعة، مثل الآثار والمباني والإسفنج وورق الجرائد والمعادن والتماثيل والمباني والنخر في الأحجار، وتغيير الألوان، وهذا الضرر الاقتصادي لا يقدر بثمن.

ب- ارتفاع منسوب مياه البحر:

سيؤدي ارتفاع درجة حرارة جو الكرة الأرضية إلى مزيد من الدفء،

وسيؤدي ذلك إلى تمدد المياه وذوبان الثلوج في القطبين الجنوبي والشمالي، وسيؤدي ذوبان الثلوج وتمدد مياه البحار إلى ارتفاع منسوبها إلى ما بين 20 إلى 140سم إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 1.5 حتى 4.5سم، وسيؤدي رفع درجة الحرارة إلى 3 درجات إلى ارتفاع منسوب البحر 80سم، وسيؤدي ذلك إلى غرق كثير من الأراضي في دول كثيرة، وسيؤدي إلى تآكل في الشواطئ وسيزيد من ملوحة الأنهار والترع، وسيرفع منسوب المياه الأرضية، وحيث أن ثلث سكان العالم يعيش على مسافة لا تزيد على 60 كيلو متراً من السواحل، فعلى سبل المثال سيؤدي ارتفاع مياه البحر 50 سم في مصر إلى هجرة 16% من سكان مصر، بينما تكون الحال في بنغلادش أسوأ، حيث سيؤدي ارتفاع مياه البحر 50سم إلى تدمير 28% من مساكن المواطنين.

جـ- تكوين ثقب الأوزون:

تعتبر طبقة الأوزون الموجودة في طبقة الاستراتوسفير هامة جداً في تقليل كمية الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس، والتي تصل إلى سطح الأرض، وتؤثر بطريق مباشر على الإنسان والنباتات والحيوانات البرية، وكذلك على الأحياء المائية.

تأثير ثقب الأوزون على النموات الخضرية:

لم يكن منذ خمسة عشر عاماً، أحد يعرف شيئاً عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على النبات، واليوم هناك أكثر من 200 صنف من النباتات قد اختبرت من حيث تأثرها بالأشعة البنفسجية، ولقد أظهرت ثلثا النباتات حساسيتها للأشعة فوق البنفسجية، ومن هذه النباتات الفاصوليا والفول والبطيخ والكرنتب، وتقلل الأشعة البنفسجية عادة من مساحات الأوراق، وبالتالي تقلل من حجم الأوراق التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي، ومن ثم تؤدي إلى قلة الإنتاج، ولقد أثبتت بعض البحوث حساسية هذه النباتات للآفات والحشائش والأمراض، ولا توجد سوى معلومات قليلة عن تأثير

هذه الأشعة على النباتات البرية.

تأثير ثقب الأوزون على الأحياء المائية:

بالرغم من أن المعلومات المتاحة عن الآثار الجانبية لثقب الأوزون على الأحياء المائية تعتبر قليلة، فقد أثبتت البحوث المعملية أن الأحياء المعملية أصبحت حساسة عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية.

وعادة تتأثر الكائنات الحية النباتية التي تعيش في الطبقة السطحية من المياه، أكثر من تأثر الكائنات الموجودة في الأعماق، والتي تكون عادة حساسة للملوثات، وكذا الأمراض.

وحيث أن الهائمات النباتية هي المورد الأساسي لغذاء الأسماك، فإن نقص هذه الكائنات النباتية ينعكس مباشرة على الثروة السمكية، هذا علاوة على ثبوت التأثير المباشر للأشعة فوق البنفسجية على الهائمات الحيوانية بها، ومنها الأسماك والقشريات، ولقد لوحظ أنه اذا عرضت بعض الأحياء، لمدة 15 يوماً، لأشعة بنفسجية تزيد 20% عن المستوى العادي، فإن ذلك يسبب في قتل كثير من هذه الهائمات الحيوانية ذوات الأعمار الصغيرة، ولعمق 10 أمتار.

د- التأثير على المناخ المحلي:

لا يمكن أن يؤكد أي من العلماء ما سوف يحدث للمناخ المحلي لدولة من الدول، ولكن نتائج البحوث التي أجريت على موديلات بالكمبيوتر توضح أنه سوف تؤدي عملية رفع درجة حرارة الجو إلى زيادة الضباب والسبح، وبالتالي قد يؤثر ذلك على كميات الأمطار الإقليمية، وسوف يؤدي ارتفاع درجة حرارة الجو إلى تغير في مناطق سقوط الأمطار، حيث تتغير أيضاً درجة رطوبة التربة صيفاً وشتاء، نتيجة ارتفاع درجة حرارة الجو،

سواء في أوروبا أم في الصحارى أم في جنوب أمريكا، وسيؤدي فقد الرطوبة من التربة إلى قلة قدرتها الشديدة على امتصاص كميات أكبر من الماء وسيؤدي ذلك إلى جفاف التربة.

هـ- التأثير على الأحياء المائية:

نظراً لتساقط كميات كبيرة من المياه الحمضية في أوروبا كلها وجنوب أمريكا أصبحت الأحياء المائية مهددة بالانقراض.

إن نصف الـ 100.000 بحيرة في ست من الولايات الشمالية من كندا أصبحت حساسة جداً للحموضة، وقد حدث الشيء نفسه في الولايات المتحدة وهولندا وبلجيكا والدنمارك وألمانيا الغربية وإيطاليا ودل اسكندنافيا وايرلندا، وأصبحت معظم البحيرات في أسيا وأفريقيا وشمال أمريكا حساسة للحموضة، كما أن معظم التقارير العالمية توضح تأثير الكائنات النباتية الحيوانية والأسماك الموجودة في هذه البحيرات الملوثة بهذه الملوثات، مما يؤثر على سلسلة الغذاء في الماء، ومما يزيد المشكلة تعقيداً وصول كثير من الملوثات مع المياه المنصرفة مع الأراضي، والتي غالباً ما تحتوي على تركيز أعلى من المعادن، خاصة الألمنيوم، ولو فرض أن نزول الأمطار الحمضية توقف، فإن إعادة الحياة مرة أخرى إلى وضعها الطبيعي يحتاج إلى سنوات كثيرة.

هـ- تأثير تلوث الهواء على النباتات:

يتوقف تأثير ملوثات الهواء على النباتات على عدة عوامل كثيرة أهمها: تركيز هذه الملوثات في الجو وآثارها السامة، وخواصها الكيماوية والطبيعية، وتأثيرها على فسيولوجيا النبات، ومدى تأثير هذه الملوثات على التربة الزراعية التي تنمو فيها النباتات، فعلى سبيل المثال يتطاير من مصانع الاسمنت مواد قلوية تضر بخصوبة التربة الزراعية بزيادة تلوثها،

كما أن كثيراً من الملوثات، خاصة المعادن الثقيلة وأكاسيدها، ذات تأثير سيء على الكائنات الحية الموجودة بالتربة الزراعية والمسؤول عن خصوبتها، وعقب سقوط الأمطار الحمضية على النباتات تصفر النباتات، وتذبل أطراف الأوراق والقمة النباتية وتموت، ويتغير لون النبات، وينعكس ذلك على إنتاجه في هذا الموسم.

كما أن ترسيب الأتربة والمواد الملوثة على الأوراق له أهمية خطيرة على فسيولوجية عملية التنفس والنتح والتمثيل الكلورفيلي، فهي أولاً تحجب الشمس، وتقوم بسد الثغور التنفسية، حيث تعوق عملية التنفس وعملية النتح، مسببة ضغطاً عاماً في النبات.

هذا وقد لوحظ أن هناك نباتات حساسة جداً لهذه الملوثات، بينما هناك نباتات تتحمل هذه الملوثات، وأخرى مقاومة جداً لذلك، وقد اكتشف العلماء أن هناك نباتات قادرة على استهلاك كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون ليلاً ونهاراً، وهناك نباتات قادرة على امتصاص بعض الملوثات مثل أكاسيد الكبريت.

ز- تأثير تلوث الهواء على إنتاج المحاصيل:

كل من الأوزون والبيروكسي استيل نترات يعتبر من المواد الشديدة الخطورة على المحاصيل الزراعية، فهي تؤثر تأثيراً مباشراً على أنسجة النباتات، وتثبط عملية التمثيل الضوئي للملوثات الأخرى، كما أنها تسبب عديداً من الأمراض، وتسبب عدم سقوط الأمطار، ولقد دلت البحوث على أن تركيز الأوزون في بعض المناطق من الولايات المتحدة كان من الارتفاع لدرجة أنه أنقص إنتاج محاصيل الدرة وفول الصويا 7% بينما تسبب في نقص محصول البرسيم 30%.

ولقد نقص إنتاج جميع محاصيل الولايات المتحدة بمتوسط يتراوح

من 5-10% بخسارة قدرت بحوالي مليوني دولار سنوياً.

وإذا وجد ثاني أكسيد النيتروجين مع الأوزون، فإن ذلك يسبب زيادة حساسية النباتات للضوء، فلقد أوضحت الدراسات في أمريكا وألمانيا وهولندا أن تلوث الهواء بالغازات الثلاثية السابقة مجتمعة يتسبب في نقص كمية المادة العضوية الجافة في النباتات عنها اذا كان الهواء ملوثاً بالأوزون فقط، ولقد تسببت الأمطار الحمضية في تقليل إنتاج المحاصيل تحت الظروف المعملية.

هذا وتسبب الأمطار الحمضية ووجود المواد المؤكسدة التي سبق ذكرها، في تدمير الغابات في أوروبا وجنوب أمريكا، حيث تتسبب هذه الملوثات في إحداث أضرار خطيرة بأوراق النباتات، علاوة على زيادة حساسية أوراق الأشجار للإصابة بالأمراض، وتقليل عملية التمثيل الكلورفيلي، ويزادة الأضرار على الخلية النباتية، وفقدان في المواد الغذائية، نتيجة حرقها مع المياه الحمضية، حيث أن هذه المواد يسهل ذوبانها في الأمطار الحمضية، حيث تتسبب الأمطار الحمضية في الإضرار بأوراق الأشجار خاصة عند القمة، وسقوط كثير من الأشجار الميتة.

ولقد أثبتت البحوث العلمية أن هذه الملوثات تعتبر سامة لبادرات النباتات خاصة غاز الأوزون ولقد أوضحت الدراسات أن الأضرار لا تحدث فقط في النموات الخضراء، بل أيضاً في الأجزاء الموجودة تحت الأرض، وأصبح من سمات تسمم النبات بالأمطار الحمضية الأضرار الواضحة على النموات الخضرية، وكذا موت كثير من الأشجار وسقوطها، خاصة اذا علمنا أن الغيوم والضباب قد تكون أشد سمية من الأمطار الحمضية، حيث تحتوي على تركيز كبير من الأحماض.

وتؤدي كثرة الأمطار الحمضية إلى إذابة العناصر الضرورية للنبات الموجود في التربة، وأهمها الألمونيا وبعض المعادن وفقدها من التربة، مما يسبب نقصاً في محتوى التربة من المواد الغذائية.

حـ- تأثير تلوث الهواء على الحيوان:

إن الأضرار التي تلحق بالإنسان من تلوث الهواء تشبه الأضرار التي تلحق بالحيوان، ويؤدي هذا الأثر في الغالب إلى عدم نشاط الحيوان، وعدم قدرته على الإنتاج، وقد يؤدي إلى تشوه الأجنة، كما أنه يلوث ماءه وغذائه، وبالتالي المنتجات الناتجة منه من ألبان وبيض ولحوم، وقد لوحظ أن الحيوانات التي تتواجد بجوار مصانع الألمنيوم والأسمدة الفوسفاتية تصاب بتآكل الأسنان، وهزال، ونقص في إدرار اللبن، نتيجة تلوث الهواء بمركبات الفلور.

ك- تلوث مياه الأمطار:

أوضحت الدراسات التي أجريت في إنجلترا وكندا وأمريكا أن مياه الأمطار قد تلوثت ببقايا المبيدات وكذا بالأحماض، وتعتبر مشكلة تلوث مياه الأمطار بالأحماض من أهم المشاكل التي تواجه أوروبا، حيث تسببت الأمطار الحمضية في موت آلاف الأفدنة من الغابات، مما يؤثر على الثروة الخشبية

في العالم، وكذلك على إنتاج الأكسجين اللازم لتنفس البشر، كما أوضحت الدراسات أن هطول الأمطار يكون مصحوباً ببقايا من مبيدات لم تستعمل في البلاد، مما يجعل مشكلة+ قومية.

كما تسبب الأمطار الحمضية التي تسقط تهديداً للحصة حيث تتراكم المعادن السامة مثل الكادميوم في التربة، ولقد أوضحت الدراسات أن 52% من الأشجار في ألمانيا الغربية قضى عليها المطر الحمضي، ونفس الشيء في هولندا وسيوسرا وبخسائر تتراوح بين 50.33% لغاباتهم، وقد وافقت 25 دولة أوروبية والأمم المتحدة وكندا على معاهدة لوقف انتشار التلوث المسؤول عن سقوط الأمطار الحمضية.

ل- التلوث غير المباشر للمحيطات والبحار:

أصبحت مياه الأمطار الملوثة مصدراً خطيراً من مصادر تلوث مياه المحيطات والبحار بكميات كبيرة من الملوثات، سواء الأحماض أم المبيدات، أم كثير من المركبات مثل أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت، مما يشكل بدوره آثاراً بالغة على الكائنات النباتية والحيوانية التي تعيش في هذه المياه، والتي تلعب دوراً هاماً وخطيراً في المحيط الحيوي للإنسان، وتكمن الخطورة أيضاً في تلويث الأحياء الموجودة بالبحار والمحيطات، نتيجة لتراكم هذه المركبات في أجسام الأسماك والأحياء المائية، مما يشكل خطراً على الإنسان.

م- التلوث النووي والإشعاعي:

يتعرض الإنسان باستمرار إلى إشعاعات نووية من مصادر طبيعية مثل الأشعة الكونية، كما أنه قد يتعرض بطريق الخطأ إلى إشعاعات من مصادر غير طبيعية من انفجار القنابل الذرية أو حدوث كوارث مثل كارثة شرنوبل التي حدثت في الاتحاد السوفيتي، كما يمكن أن تخرج بعض

الإشعاعات متسربة من مؤسسات الطاقة النووية ومفاعلاتها أو من نواتجه، أو مع القمامة الخطرة الناتجة من المعامل التي تستعمل الكيماويات المعاملة إشعاعياً، أو من مصادر تحتوي عن إشعاع مثل بعض الأجهزة العلمية، وتسبب الحوادث النووية إثارة قلق كبير لاسيما منذ الحادثة التي وقعت في 26 إبريل 1986، وذلك في إحدى الوحدات النووية الأربع في تشرنوبيل إحدى جمهوريات أوكرانيا الاشتراكية السوفيتية وتعتبر أسوأ حادثة في تاريخ القوى النووية، وقد نجم عن هذه الحادثة ما يلي:

1- إثارة الفزع في جميع أنحاء العالم.

2- موت عدد من البشر.

3- حدوث سحابة من المواد المشعة نتيجة اشتعال النار في المحطة.

4- أدت السحابة المحتوية على المواد النشطة إشعاعياً والتي حامت في سماء أوروبا إلى ما يلي:

أ- تلويث المياه في كثير من دول أوروبا.

ب- تلويث المزورعات والمواد الغذائية.

جـ- تلويث الإنسان والحيوانات.

د- إجلاء أكثر من 90000 شخص من دائرة يبلغ قطرها 30 كيلو متراً مربعاً.

هـ- خسائر اقتصادية فادحة في الدول الأوروبية، نتيجة إعدام كميات هائلة من المواد الغذائية الملوثة.

أهداف الرقابة على الملوثات الهوائية:

1- تحديد مصادر تلوث الهواء الثابتة الموجودة والمؤثرة فعلا وتحديد مدى

أثر ما يستجد من مصادر ثابتة جديدة في المستقبل.

2- تحدي الأولويات لمراقبة ملوثات الهواء الناتجة عن مصادر التلوث المختلفة.

3- وضع برامج الرقابة اللازمة للملوثات المختارة ولنواتج مصادر تلوث الهواء المتحركة، وتنفيذ هذه البرامج.

4- المشاركة في وضع التشريعات اللازمة من أنظمة وتعليمات ومواصفات فنية وطنية لضبط ملوثات الهواء ومراقبة درجة تقيد الجهات المختلفة بهذه التشريعات واتخاذ الإجراءات القانونية الملائمة بحق المخالفين.

5- تقييم الآثار الصحية والبيئية الناتجة عن مصادر تلوث الهواء المختلفة.

6- المشاركة في وضع حلول للمشاكل والشكاوي الطارئة ذات العلاقة بتلوث الهواء ووضع الاقتراحات والحلول المناسبة.

7- المشاركة في اللجان الفنية، الدورات، الورش العملية، الحلقات العلمية، الندوات والمؤتمرات المحلية والدولية ذات العلاقة برقابة الهواء والفضاء وضبط تلوثهما.

8- القيام بالدراسات العلمية المتعلقة بتلوث الهواء بشكل منفرد أو بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة.

9- تنفيذ ورش عمل محلية لتدريب العاملين في مراقبة الهواء في وزارة الصحة.

السيطرة على الملوثات الهوائية:

إن السيطرة على التلوث هام جدا للحد من انتشار هذه الملوثات وبالتالي من تأثيرها على البيئة والإنسان وهنالك عدة أساليب يمكن اتباعها للسيطرة على هذه الملوثات منها:

1- تغيير التكنولوجيا المستخدمة بالصناعة.

2- تغيير نوع الوقود المستخدم.

3- استخدام وسائل شطف (غسل) الملوثات.

4- استخدام المرسبات الكهرباستاتيكية والمرسبات الحلزونية.

5- زيادة ارتفاع المداخن واستخدام الأجهزة المساعدة (كما في محركات السيارات).

وليس من السهل التخلص من المؤثرات نهائيا وتعاني المصانع في الدول النامية ومنها الأردن صعوبات في السيطرة على التلوث الناتجة عن الصناعة للعبء الاقتصادي الناجم عن استحداث التقنيات المعقدة اللازمة في السيطرة على التلوث.

8- التغير في طبقة الأوزون:

يحيط بالغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية، المسمى ترويوسفير طبقة أخرى تسمى استراترسفير، تمتد إلى ارتفاع يتراوح من 55 - 80 كيلو متراً، وتتميز هذه الطبقة بثبات حرارتها وخلوها من العواصف، وتقسم هذه الطبقة عادة إلى طبقة سفلى خالية تماماً من الغازات ذات جو صاف مستقر، تستعملها الطائرات في الطيران يعلوها طبقة وسطى تعرف بطبقة الأوزون، تبلغ درجة حرارتها 95 درجة مؤية، لم يلي ذلك طبقة مكهربة، وطبقة الأوزون هذه تعمل كمصفاة طبيعية تمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالحياة.

وعادة، يتم تحطيم الأوزون خلال عدة عمليات كيميائية وينتج من ذلك أكثر من 200 مادة ويلعب الاكسجين والهيدروجين والكلور ومركبات النتروجين دوراً هاماً في هذه التفاعلات، ونتيجة للأنشطة الإنسانية تنتج بعض المركبات التي تؤثر تأثيراً مباشراً في بقايا الأوزون، حيث يتغير

تركيـز الأوزون فـي الهـواء الجـوي، أو فـي طبقـة الأوزون، ولقـد أكـدت البحـوث أن مـادة الكلروفلوركـاربون ومـادة ثلاثـي كلوريـد الكربـون ومـادة ميثيل الكلورفورم، كل هذه المواد تحلل عن طريـق الأشـعة فوق البنفسية، وينتج عن ذلك انفراد ذرات كلور التـي تعمل كمـادة لتحطم الأوزون، ويبلـغ تركيـز مــادة الكلورفلوركــاربون فــي البيئــة عــام 1985 230 جـزءاً فــي التريلون بينما كان تركيز مادة ثلاثي الكربون في نفس العام 400 جزء في التّرليون، ويبلغ ميثيل كلورفورم 12 جزءاً في الترليون من العام نفسه.

وعادة، تتم التفاعلات في ارتفاعات أقل من 30 كيلومتراً> وقد يـؤدي إنتاج غاز البروم إلى تكسير طبقة الأوزون فعلى سبيل المثال ارتفـاع تركيـز بروميد الميثيل خمس مـرات منذ عـام 1972، وتـؤدي زيـادة استخدام غـاز بوومـوفلور وكربون، المستخدم في مكافحة الحرائق، إلى زيـادة نسبته في الجو، حيث ارتفع تركيزه 10% خلال عام 1978، وحتى 1983م.

وبزيادة تركيز الكلورين وأكاسيد النتروجين والبروميد من 0.2 جزءاً في البليون إلى 0.1 جزءاً في المليون سوف يؤدي ذلك إلى نقص في كميـة الأوزون 4% وعنــد تركيــز كلــورين يصــل إلــى 16 جــزءاً فــي المليــون سيصاحب ذلك نقص في الأوزون يعادل 18-43% وإذا زاد تركيز البروميد من 0.2 إلى 0.1 جزءاً في البليون.

ويتوقـع العلمـاء أن ارتفـاع نسبة ثـاني أكسيد الكربـون سوف يسبب ارتفاع درجة الحـرارة فـي الكـرة الأرضية، ممـا يـؤثر بطريـق مباشر وغير مباشـر علـى التغيـرات المناخيـة، حيـث يكـون ثـاني أكسيد الكربـون بمثابـة شبكة فـي اتجـاه واحـد، فهـو ينفذ الأشـعة المرئيـة التـي تحتـوي علـى معظـم الطاقة الشمسية المسؤول عن تدفئة المحيطات والأرض، وفي نفس الوقت يقوم جزيء ثـاني أكسيد الكربون في الجو بامتصـاص الطاقـة، وإعـادة بثهـا مرة أخرى إلى الجو، فعلى سبيل المثال اذا افترضنـا عدم وجـود ثـاني أكسيد

الكربون إطلاقاً في الجو، فإن الحرارة ستفقد بسرعة من التربة.

والمعروف أن درجة حرارة الجو ناتجة عن التوازن بين درجة حرارة الجو وبين درجة حرارة التربة والمياه في المحيطات كما أن هناك كمية كبيرة من الطاقة تخرج أثناء ثورة البراكين وأثناء الحقبة الجيولوجية السابقة، وقد خرجت مع البراكين كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون، حيث تحولت إلى كربونات كالسيوم وكربونات مغنسيوم، أو تحولت إلى مواد عضوية، وتقدر كمية الكربون الموجودة في الرواسب الكربونية تحت الأرض بحوالي خمسين مليون جيجاتون (الجيجاتون= بليون طن) بينما قدر الكربون في المواد العضوية بحوالي عشرين مليون جيجاتون، وهذه العشرين جيجاتون من الكربون تعتبر أكثر من 2.000 مرة قد ما هو موجود في المحيطات والمحيط الجوي.

وهناك حقيقة مقتضاها أن معظم الكربون في طبقات الأرض السطحية مر في جو الكرة الأرضية، ثم تم ترسيبه مرة أخرى في مكونات التربة، وهو يؤثر تأثيراً مباشراً على حرارة الأرض.

فعلى سبيل المثال، في كوكب فينوس الذي لا يحوي محيطات يحتوي الجو على ثاني أكسيد الكربون فقط، حيث نجد أن درجة الحرارة على سطح قشرته 500 مؤية ومنذ حوالي 100 سنة قام العالم السويدي أسفانت ارهينيوس والعالم الأمريكي توماس كاميرلين بدراسة تأثير ثاني أكسيد الكربون في الجو على درجة حرارة الكرة الأرضية.

ولقد اكتشف العلماء أنه بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى الضعف سترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية، وبالرغم من أن المحيطات تستوعب ثاني أكسيد الكربون 60 مرة أكثر من الجو، فإنه ما زال هناك اتجاه إلى زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو، وعادة قد يتحول ثاني أكسيد الكربون في مياه المحيطات إلى كربونات وبيكربونات في صورة أيونية،

بينما تتواجد نسبة قليلة جداً في صورة ثاني أكسيد الكربون.

وعادة يتم التبادل الغازي بين المحيطات والجو لعمق 80 متراً فقط في المحيطات، وعادة ما تتراوح نسبة ثاني أكسيد الكربون في هذه الطبقة بين ستة في الجو إلى واحد في الماء.

ولقد لاحظ العلماء أن متوسط درجة الحرارة قد ارتفعت في المدة من 1880 إلى 1980 خمس درجات، ولقد أوضحت الدراسات بالموديلات الحسابية أن مناخ العالم، خاصة درجات الحرارة، سوف يتغير نتيجة لذلك.

والمعروف أن ثاني أكسيد الكربون يحافظ على حرارة الأرض التي تكتسبها من الشمس، حيث يعمل كشبكة من جانب واحد لحفظ الحرارة، وبالتالي يمكن للشمس أن تقوم بتسخين كل من المحيطات والحبار، وفي نفس الوقت تعمل جزيئات ثاني أكسيد الكربون على امتصاص الحرارة، وإعادة إصدارها مرة أخرى في الجو من على سطح الأرض.

فإذا فرض عدم وجود ثاني أكسيد الكربون على الإطلاق، فسوف تتجمد البحار والمحيطات والأرض، وفي العصر الجيولوجي خرجت كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون عن طريق البراكين، ولكنها تحولت إلى كربونات كالسيوم وكربونات مغنسيوم أو إلى مواد عضوية وقد قدرت هذه الكمية من الكربونات بـ 50 مليون جيجاتون (الجيجاتون = بليون طن) وتكونت أيضاً ترسيبات عضوية، تقدر بـ 20 مليون جيجاتون.

وتعتبر هذه الكمية 70 مليون جيجاتون أكثر من 1000 مرة قدر الكربون الموجود في جو الكرة الأرضية، سواء في المحيطات، أم في الجو، ام في المحيط الجوي، حيث قدرت محتواياتها بـ 72 ألف جيجاتون فقط.

ويحتوي الجو من هذه الكمية على 700 جيجاتون فقط، وفي كوكب فينوس حيث لا توجد محيطات، يحتوى الهواء الجوي على ثاني أكسيد

الكربون فقط، ولذلك فدرجة الحرارة 500 درجة مؤية.

ومنذ حوالي 100 عام تمكن أحد العلماء السويديين وعالم أمريكي في وقت واحد من تقدير ما يحدث لجو الكرة الأرضية اذا زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، ولقد قدر بعض العلماء تركيز ثاني أكسيد الكربون في محطة مايونالو في هاواي والتي تعتبر إلى حد كبير غير ملوثة محلياً، وقد وجد أن تركيز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفع تركيزه من 315.8 جزئياً في المليون في عام 1959 إلى 234.6 جزئياً في المليون عام 1968 بارتفاع قدره 6% ويعني ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون 19 جزئياً في المليون زيادة في الكربون تعادل 40 جيجاتون في الجو خلال التسع عشر سنة الماضية.

ولقد قدر العلماء كمية ثاني أكسيد الكربون الخارج من حرق الفحم الحجري منذ عام 1860 إلى عام 1958 بما يعادل 76.5 جيجاتون من الكربون، وفي نفس الوقت تقد تقدير الكمية من ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة من 1860 حتى 1977 بـ 48 جيجاتون، وهي تعادل 40 جزيئاً من المليون من ثاني أكسيد الكربون، ولقد قدر بعض العلماء معدل ارتفاع درجة الحرارة للكرة الزرضية في المدة من 1880 إلى 1980 بـ 4 درجات، وهذا يعني أن ارتفاع درجة الحرارة ثاني أكسيد الكربون في الكرة الأرضية 43 جزئياً في البليون.

ولقد أوضحت الدراسات أنه برفع درجة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى الضعف سوف يؤدي ذلك إلى رفع درجة حرارة الكرة الأرضية 9 درجات، وارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية يعني تغير المناخ العام للكرة الأرضية، حيث وجد العلماء أن حجم الثلج الموجود فوق مستوى سطح البحر يعادل مليوني كيلو متر مكعب من الثلج، وأنه بارتفاع درجة الحرارة سيذوب الثلج، ويعني ذلك ارتفاع مستوى الماء في البحر ما بين 5-6

أمتار، ومعنى ذلك غرق بلاد كثيرة في العالم، بالإضافة إلى حدوث كوارث في العالم، وحدوث أعاصير وبراكين وحرائق في الغابات وشقوق بالأرض وتحاريق وتقدر مساحة الأرض التي سوف تغمر بالمياه بـ 18% من اليابسة ومعظم هذه الأراضي أراضي دلتات أنهار.

يتسبب تلوث الهواء في تغير المناخ المحلي والدولي، حيث يؤدي إلى ظاهرة جو الصوبات، وأهم الغازات التي تؤدي إلى هذه الظاهرةثاني أكسيد الكربون والميثان والأوزون وأكاسيد النتروجين، وبعض آثار من الغازات الأخرى التي لها القدرة على امتصاص حرارة الشمس وبثها للكرة الأرضية، بينما تكون نفاذية هذه الحرارة من الأرض إلى الجو بطيئة جداً، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، حيث يتوقع خبراء الجو أن درجة الحرارة سوف ترتفع إلى ما بين 1-7 درجات مؤية عام 2030 وسوف يؤدي ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية خمس درجات فقط إلى أن يصبح كوكب الارض أكثر دفئاً من أي وقت خلال المليوني سنة الماضية.

وسوف يؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة أوروبا وأمريكا الجنوبية، بينما يترفع خمس درجات في منطقة الصحارى، وقد تزيد درجة الحرارة على ذلك في أماكن أخرى.

إن عدد الأيام التي تصل فيها درجة الحرارة إلى 32 في مدينة نيويورك سوف يزداد من 12 إلى 84 يوماً، بينما سيرتفع الرقم في شيكاغو من 16 إلى 56 يوماً. وفي لوس أنجلوس من 5 أيام إلى 27 يوماً.

وتـرتبط كميـة ونوعيـة ميـاه الصـرف فـي واقـع الأمـر بحركـة الميـاه والأمـلاح داخـل التربـة، سـواء أكـان ذلـك رأسـياً أن أفقيـاً أم إلـى أسـفل إلـى أعلى، وكذلك بكمية البخر والنتح من النباتـات إلـى الجو الخـارجي : وبـذلك يجب أن تكون خطة استخدام مياه الصرف مرتبطة بالدراسة العامة للميزان المائي والملحي للمناطق.

تبذل في الوقت الحالي لترشيد استخدام مياه الري ـ من خلال تبطين قنوات الري ـ جهود مكثفة بالمواد المختلفة : لتقليل كمية الرشح منها إلـى الأراضي الزراعية المجاورة، وتقليل التسرب من بوابات العمال الصناعية بزيادة كفاءة الري على مستوى الحقل. وسوف يؤدي هذا النظام بالضرورة عند تطبيقه إلى تقليل كمية مياه الصرف، وزيادة نسبة الأملاح الذائبـة بهـا، ولذل فإن أي برنامج لإعادة استخدام مياه الصرف يجب أن يرتبط ببرنـامج متكامل لدراسة أي تغير قد يحدث في كميـة ونوعيـة ميـاه الـري، وكذلك الأنواع المختلفة للتربة وللمحاصيل.

يتضح من الدراسات التي تمت على توزيع مياه الري على مدار السنة أن معظم الأراضي المصرية تأخذ ما يزيد على حاجتها من المياه خـلال شـهور الشتاء والربيع والخريف، بينما يكون معدل التغذية خلال شهور أقصى الاحتياجات (يونيو ـ يوليو ـ أغسطس) أقل من الاحتياجات

الفعلية للبنـات. ومـن الجـائز أن يكـون مسـتوى الكفـاءة العامـة لشبكة الـري مرتبطا بهذه الظاهرة : حيث تتراكم الأمـلاح فـي التربـة خـلال شـهور أقصـى احتياجـات، ثـم يـتم الـتخلص مـن هـذه المـلاح بالغسـيل خـلال فتـرات أقـل الاحتياجـات : وبنـاء على ذلـك فقد وصلت نسبة الأمـلاح فـي التربـة وميـاه الصرف إلى مرحلة تقارب الاتزان الذي سيختل حتماً إذا حدث تغير مفاجئ فـي أحـد العناصـر المتداخلـة أو بعضـها أو كلهـا. ويحتـاج الـري بالميـاه ذات النوعية المنخفضة الجودة إلى التحكم الكامل في التزويد بالميـاه : لأنـه بعد الري يمثل هذه الميـاه يتبخـر الميـاه إلـى الجـو الخـارجي ، فـي حـين تترسـب الأملاح في منطقة الجذور أو على سطح التربة : مما يحتم أن تكـون التربـة في منطقة الجذور مبتلة بصفة دائمـة.

وقد يستدعي الأمر استخدام نظـم الـري الحديثـة والـري بـالتنقيط علـى وجه التحديد : حيث إن الري بـالرش يـؤثر علـى سلامة أوراق النباتـات فـي التحكم في كمية ميـاه الـري فـي حالـة استخدام الـري السطحي، كذلك يمكـن التغلـب علـى هـذه المشكلة باستخدام عـدد معين مـن الريـات لكـل محصـول حسب قوة تحملـه من المياه المنخفضـة الجودة مقابـل عدد آخـر مـن الريـات بالمياه العذبة وهكذا.

وإذا كانت نسبة الأملاح بالتربة عالية وتزيد ـ بصفة عامة على نسبة الأملاح في المياه فإن الري بالمياه المنخفضـة الجـودة لا يسـبب أيـة مشـاكل حقيقية، ومع ذلك يلزم ـ فـي هـذه الحالـة ـ متابعة تطور نسبة الأمـلاح فـي التربة مع الزمن: فقد تؤدي زيادة نسبة الصوديوم إلى تـهور التربـة.

وعمومـاً فإن استخدام المياه المنخفضة الجودة يعتبر من الأمـور التـي تحتـاج إلـى دراسـات متنوعـة تجمـع بـين نوعيـة الميـاه والتربـة والمحاصـيل المختلفة : بمـا يحقق اختيار المحصـول المنـاسب والحصول على أعلـى عائـد

ممكن، والتحكم ـ في الوقت نفسه في تدهور التربة : بسبب زيادة نسبة الأملاح بها.

ومن الصعوبات التي تقابل مشروعات إعادة استخدام مياه الصرف أيضاً أن هذه المياه قد تكون متاحة في مواقع يصعب عند استخدامها عدم وجود الأراضي التي يمكن ريها بها، ويلزم ي مثل هذه الحالات المقارنة بين التكاليف باهظة لنقل المياه من مكان إلى آخر خلال خط مواسير مغلق أو قنوات مكشوفة والعائد الاقتصادي من الري بهذه المياه، إلى جانب أن وقوع معظم المصارف في مناطق منخفضة المنسرب يستوجب رفع المياه إلى مناسيب أعلى لخلطها بالمياه العذبة أو لاستخدامها مباشرة في ري الأراضي الزراعية المرتفعة المنسوب. وفي جميع الحالات تتحكم اقتصاديات إنشاء محطات طلبات الرفع وتكاليف إدارتها في جدوى مثل هذه المشروعات.

إلا أنه يجدر القول بأن الحاجة الملحة إلى قطرات المياه في مشروعات التوسع الأفقي والراسي الزراعية ـ والتي لا غنى عنها ولا بديل لها في جمهورية مصر العربية : حيث يعيش السكان على 4% فقط من المساحة الإجمالية للقطر ـ تجعل من إعادة استخدام مياه الصرف برغم كل المشاكل التي قد تقابل تنفيذه مشروعاً حيوياً يستحق بذل كل مجهود فكري ومادي لوضعه موضع التنفيذ.

- تبليغ تصرفات مياه الصرف من جميع أنحاء دلتا النيل ومساحتها حوالي 4.551.000 فدان (متضمنة منطقة النوبارية ومساحتها 280 ألف فدان) حجماً قدره 14.350 مليار م3 عام 1988. يعني هذا الرقم انخفاضاً قدره 11% من المتوسط من مساحة الدلتا بالمقارنة بعام 1987.

- خلال عام 1988 أعيد - بصفة رسمية - استخدام ما لا يقل عن 2370 مليون م3 من هذه المياه : بمتوسط ملوحة يبلغ 1045/م3.

- بلغ مجموع الحجوم التي أطلقت إلى البحر الأبيض المتوسط أو إلى البحيرات الشمالية المتصلة مباشرة بالبحر 11980 مليون م3 بمتوسط تركيز أملاح قدره 2527 جم/م3.

- ومن الوجهة النظرية فإن حجوم مياه الصرف المتيسرة لإعادة الاستخدام في شبكة الري هي كما يلي :

- 1.1 مليون م3 مياه صرف ملوحتها 1000 جم/م3.

- 2.1 مليون م3 مياه صرف ملوحتها 1000 - 15500 جم/م3.

في ضوء ما ينتظر أن تعانيه مصر من عجز في المياه الجيدة نتيجة حتمية استمرارية التوسع الزراعي، مع ثبات حصتنا من مياه النيل إلى أن نتمكن من تدبير موارد إضافية من أعالي النيل فقد أصبح من المتوقع الاضطرار إلى التوسع في إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي في الري، واستعمال المياه الجوفية المالحة وأية نوعيات أخرى من المياه الأقل جودة.

تعتمد استراتيجية وزارة الأشغال العامة والموارد المائية - فيما يختص بتوفير المياه اللازمة لري الأراضي الجديدة حتى عام 2000 - على إعادة استخدام مياه الصف الزراعي في حدود 7 مليارات م3 : بما في لك المستخدم حالياً : وهي مياه لا تتجاوز درجة ملوحتها 2000 جزر في المليون.

وقد تضطرنا الحاجة - خاصة بعد عام 2000 - إلى التوسع - ولو مرحلياً في استخدامات مياه الصرف : واللجوء إلى مياه مصارف ذات تركزيات أعلى إذا لم تستكمل مشروعات ،الي النيل. إلا أنه نتيجة الارتفاع

بكفاءة الري الحقلي فسوف تتعرض مياه الصرف الزراعي للتناقص التدريجي : نتيجة للترشيد والتطوير، مع ارتفاع ملوحتها إلى ما قد يقترب من 3000 إلى 5000 جزء في المليون.

وتتضمن سياسة وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي التركيز على دراسات تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة عن طريق المعاهد البحثية التابعة لها (معهد بحوث الأراضي ومعهد المحاصيل بمركز البحوث الزراعية ومركز بحوث الصحراء)، وعلاوة على ما يتم في هذا المجال من بحوث بالجامعات وغيرها من أجهزة البحث العلمي.

ومن الجدير بالذكر أن إلقاء مياه الصرف الصحي دون معالجة - وما تحتويه من ملوثات عضوية وكم هائل من البكتيريا والفيروسات، ومن عوادم الصناعة بما تتضمنه من معادن ثقيلة - في المصارف الزراعية - تقلل من قابليتها لاستخدام المأمون في مجال الزراعة، وهو ما يلزم جسمه.

يبدي البعض تخوفهم من تأثير استمرارية استخدام مياه الصرف وما تحتويه من أملاح لعدة سنوات، والتأثير التراكيم لذلك على خصوبة التربة، خاصة في الأراضي الطينية بالدلتا، مما يتطلب إجراء دراسات وبحوث للمفاضلة بين :

- تخصيص المياه العذبة للأراضي القديمة الطينية تفادياً لأضرار المياه المالحة، وتوجيه مياه الصرف مع فائض المياه العذبة للأراضي الجديدة الصحراوية : لاستخدامها بحالتها دون خلط مع غسيل الأرض بمياه عذبة : لإزالة ما يتراكم من الأملاح أو استخدامها بعد خلطها.
- أو استخدام مياه الصرف - بعد خلها بالمياه العذبة - إلى الأراضي القديمة والجديدة على حد سواء.

ويلزم أن تتضمن الدراسات مدى إمكانية تنفيذ البديل الأول عملياً

والتكاليف اللازمة.

نستخلص مما تقدم أن كميات ونوعيات مياه الصرف الزراعي حالياً في مصر تحتم إعادة استخدامها ، وخصوصاً في الري الزراعي - على نطاق أوسع مما هو عليه الآن مع الأخذ في الحسبان المحاذير والإجراءات الفنية التي تصاحب هذا الاستخدام، حتى يتحقق أكبر عائد اقتصادي منه.

إن التطور الحديث في تكنولوجيا الهندسة والوراثية يفتح مجالات واسعة لاستفادة أكثر من هذه الموارد.

الأمطار الحمضية :

ينشأ المطر الحامضي Acid Rain من تفاعل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين المنبعثة من المصانع في الهواء الجوي أو إطلاق بعض الظواهر الطبيعية كالبراكين. وتكون هذه الأكاسيد أحماضاً، فيصبح المطر حمضياً عندما يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون في الجو، ليكون حمض كربونيك. للحامضية الضعيفة للمطر العادي فائدتها، فهي تساعد على إذابة المعادن في التربة وتجعلها صالحة لحياة النبات والحيوان، ولكن إذا زادت الحامضية على المستوى الطبيعي - نتيجة لتدخل الإنسان - تظهر للمطر آثار تدميرية.

وتكمن خطورة المطر الحمضي في إفساد الثروة السمكية عند ترسبه في البحيرات العذبة. وأكثر الدول تضرراً منه البلاد الإسكندنافية التي تستقبل بحيراتها الأكاسيد الناشئة في ألمانيا وغربي أوروبا وبريطانيا. كما أن كثيراً من الأجزاء الشمالية في الولايات المتحدة تتعرض لآثار المطر الحمضي الخطرة : حيث تعتبر محطات توليد القوى في المسئولة أساساً عن تلوث الهواء بالأكاسيد.

الآثار السلبية للأمطار الحمضية على البيئة :

تتركز معظم التأثيرات السلبية للمطر الحمضي المياه في الأنهار والبحيرات: فعندما تزداد الحامضية الماء يتأثر إنتاج السمك وينقص الكالسيوم في هياكله. ويذكر فقي هذا الصدد أن عديداً من الأنهر في أوروبا وكندا وأمريكا فقدت أسماكها تماماً، نتيجة للمطر الحمضي الذي يلوثها. وتقوم السويد ـ لمجابهة هذا الوضع ـ بصب الجير في بعض البحيرات لكي تعادل الحموضة فيها. ويسهم لمطر الحمضي في إنتاجية الغابات : حيث تحدث ظاهرة تعرف بـ "الموت الخفي" تتمثل في أشجار، جذورها جافة، وفروعها وأزهارها هشة. ولقد عزت الأبحاث ـ في ألمانيا والسويد وكندا ـ هذا الموت إلى حامضية المطر.

للمطر الحمض تأثيرات تآكلية على المباني والآثار والمعادل وطلاء السيارات لدرجة تمثل مشكلة اقتصادية.

وتسبب الأمطار الحمضية أيضاً تآكل أوجه التماثيل الحجرية والمعابد كمعبد الكرنك، وغيره من آثار قدماء المصريين. كما تسبب إذابة القشرة الذهبية للكنائس المبنية في اقرن السادس عشر.

يمكن أن يهدد المطر الحمضي صحة الإنسان من خلال دوره في تضخيم مشكلة المعادن الثقيلة، فهو يذيب هذه المعادن ويحولها إلى صور سمية أكثر ضرراً، ويصرف إلى المياه التي تكون في متناول الإنسان.